Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b22297947

Ueber

das Auge des Wirbelthierembryo

von

N. Lieberkühn.

Wie C. E. v. Baer entdeckt und Remak bestätigt hat, zeigt sich die erste Anlage des Sehorganes beim Huhn in Form zweier seitlichen Auswüchse des Vorderhirns, welche senkrecht auf dem Längendurchmesser des Medullarrohrs stehen. Sie überragen den Umfang des Vorderhirnes um so viel, wie die Dicke der Kopfplatten beträgt, auf welchen sie gleichsam ruhen und sollen, wie das Vorderhirn, nur einen Ueberzug vom oberen Blatt besitzen. In der zweiten Hälfte des zweiten Tages ändert sich nach Remaks Untersuchungen das Lageverhältniss der Augenblasen durch die Entwicklung der beiden Hemisphären, welche aus dem vorderen Ende und der unteren Wand des Vorderhirns hervorwachsen. Hierdurch werden die Augenblasen ein wenig nach hinten geneigt. Mit der Hirnkrümmung ist die Anlagerung der gestielten Augenblase an die Aussenfläche des Vorderhirns ungefähr auf der Grenze zwischen den Hemisphären und dem Zwischenhirn verbunden. Am Anfange des dritten Tages verdickt sich das obere Blatt, wo es die äussere Fläche der Augenblase überzieht, zu einer Scheibe. Aus der Mitte derselben wächst eine Einstülpung gegen die äussere Wand der Augenblase und diese weicht gegen die innere zurück. Die Einstülpung schnürt sich vom oberen Blatt ab und liegt nun als Anlage der Linse in einem doppelwandigen Becher, der secundären Augenblase, deren Stiel die Anlage des Sehnerven enthält.

Ueber die weiteren Veränderungen der Linsenanlage führe ich hier die auch von Kessler citirte Stelle aus Remaks Werk (Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855, S. 91) an. „Aus den cylindrischen Anlagen der blasigen Wand der Linse entstehen durch Verlängerung die Linsenfasern. — Sämmtliche Linsenfasern verlaufen ohne Unterbrechung von der hinteren Wand der Linsenkapsel zur vorderen, beinahe parallel der Sehaxe; daher sind die Fasern um so kürzer, je weiter sie sich von der Sehaxe entfernen. In einiger Entfernung vom vorderen Ende enthält jede Faser einen Kern. Da die Kerne nicht in gleicher Höhe liegen, so entsteht eine der vorderen Fläche parallel laufende Kernzone (Meyers Kernzone);

das hintere Ende einer jeden Faser berührt die Linsenkapsel unmittelbar, das vordere dagegen ist von derselben getrennt durch ein ihr anhaftendes, aus kernhaltigen Zellen bestehendes, Epithel. Hieraus ergibt sich, dass die Zellen der hinteren Wand der Linsenblase die Linsenfasern, die der vorderen dagegen das Epithel bilden, welches im erwachsenen Zustande nur die Innenfläche der vorderen Wand der Linsenkapsel bekleidet. Babuchin bestätigt Remaks Untersuchungen und erläutert sie durch Abbildungen; von Beker führt sie für die übrigen Wirbelthiere weiter aus (Gräfe's Archiv, Band 9, 1863). Beim Frosch sah schon Remak, dass nur aus der tieferen Zellenlage des oberen Blattes die Linse hervorgeht, was Schenk auch für die Fische und Kessler für die Tritonen nachwies. Ueber die Entstehung der Linsenkapsel liegen keine sicheren Beobachtungen vor.

In dem Zwischenraum zwischen der Linse und dem vorderen Blatt der secundären Augenblase bildet sich der Glaskörper.

Nach den Untersuchungen Schöler's geschieht dies so, dass die cutis sich durch eine in dem einwärts und unten in dem Rand der secundären Augenblase entstehende Spalte eindrängt. Babuchin hat sich überzeugt, dass die in die Höhle der secundären Augenblase eindringende Zellenmasse der Kopfplatten aus theils rundlichen, theils sternförmigen Zellen besteht; auf der Innenfläche des Augentheils der Kopfplatten befindet sich eine dünne Lage strukturloser Substanz, die sich später in die elastische Grenzmembran der Chorioidea umwandelt.

Während in dem vordern Blatt der secundären Augenblase die Anlage der Netzhaut erkannt wurde, entdeckte Kölliker, dass das hintere Blatt derselben zur Pigmentschicht der Chorioidea wird Theile des letzteren liefern alsdann noch die Pigmentschicht der Iris deren Stratum vasculosum, wie das der Chorioidea aus den Kopfplatten hervorgeht. Max Schultze hat diese Vorgänge in den wesentlichen Punkten bestätigt.

Die Hornhaut erklärt Remak für eine spätere Bildung, welche durch Verschmelzung des vorderen Endes der Sclera mit dem oberen Blatt (epithelium) entsteht. Babuchin (Würzb. Verhandl. Bd. IV. S. 83) bildet sie als eine zarte mit wenigen Kernen versehene Membran ab, welche die spätere Pupillaröffnung überzieht. Hensen fand über die Entwicklung der Cornea Folgendes (Max Schultze's Arch. 1866, S. 420): „Gleich nach der Linseneinstülpung ist die Cornea äusserst dünn, nur eine Basalmembran des Epithels, während die Sclera als Fortsetzung der Muskelsehnen sich bereits dunkel abgrenzt. Es liegt nun, so lange die Linse noch hohl ist, zwischen Linse und Cornea nach vorn von der Membrana pupillaris ein Gallertgewebe, genau von derselben Struktur wie das des Glaskörpers in diesem Stadium, während zu

keiner Zeit etwas ähnliches als sclera und chorioidea sich findet. Dies Gewebe geht dann sehr bald in der Bildung der Cornea auf, welche vom Rande her sich verdickt."

Die neuesten Angaben über die Entstehung der Hornhaut finden sich in den „Untersuchungen über die Entwicklung des Auges am Hühnchen und Triton" von Leonhardt Kessler. Dorpat, 1871. In dem frühesten Stadium liegt die Linse dem oberen Blatt (Remak's Hornblatt) nicht mehr an, sondern ist von ihm durch eine sehr dünne Lage strukturloser Substanz getrennt. Zwischen dieser und der vorderen Linsenwand, oder in die strukturlose Schicht in der Weise eingebettet, dass dieselbe durch sie unterbrochen erscheint, finden sich in je einem dünnen Schnitt ein bis drei scharf contourirte Kerne, ohne von Protoplasma in merklicher Menge umgeben zu sein. In einem folgenden Stadium hat die strukturlose Schicht schon fast die Dicke des Hornblattes erreicht und die Kerne sind nicht mehr zu entdecken. Dies ist die Anlage der Grundsubstanz der Cornea propria. Jetzt beginnt die Bildung des hinteren Epithels etwa um die Mitte des fünften Tages; es drängen sich nämlich Zellen der Kopfplatten zwischen dem peripherischen Theile der hyalinen Schicht und der äusseren Lamelle der secundären Augenblase hindurch bis an einen ringförmigen Kanal, welcher zwischen den Umbiegungsstellen der Augenblasen-Lamellen, der Linse und Anlage der Cornea besteht und sich später zur vorderen Augenkammer erweitert. Von hier aus kriecht dann eine von vorne herein einfache Zellenschicht an der hintern Fläche der hyalinen Schicht, concentrisch vorrückend, gegen den Mittelpunkt dieser Fläche hin und damit ist am sechsten Tage das hintere Cornealepithel fertig. Am siebenten Tag entfernt sich allmählich die vordere Linsenwand von diesem Epithel. Dies scheint durch das weitere Hervorwuchern der zwischen der vorderen Zone der Augenblase und dem peripheren Theile der cornea befindlichen Kopfplattenschicht bedingt zu sein. Das Zurückweichen der Linse hat die Entstehung der vorderen Augenkammer zur Folge.

Gleichzeitig mit der Bildung des hinteren Epithels erscheint als unmittelbare Fortsetzung desselben die Anlage des Corneal-Fortsatzes und des Ciliarmuskels in Form einer dichteren Zellenmasse. Derjenige Theil der Kopfplatten, welcher innen von dem dichteren Zellenstrich liegt (vom Centrum des Auges aus gerechnet), hilft die Iris und processus ciliares und die dahinter liegende Chorioidea bilden; die äussere Portion liefert das Material für die Bildung der sclera und der Cornea-Körperchen, indem sie immer weiter von allen Seiten medianwärts vordringt, so dass schliesslich am achten Tag die Zellen von allen Seiten her zusammentreffen. Die Zellen dringen also nur in die mittlere

Zone der strukturlosen Schicht ein, so dass die dem Hornblatt und dem hinteren Epithel angrenzenden Zonen zellenlos bleiben. Diese zellenlosen Zonen schwinden niemals ganz, sondern erhalten sich als Reichert's vordere Grenzschicht des Cornea-Gewebes und als Descemet'sche Membran. Es betheiligen sich also an der Bildung der Cornea: das obere und mittlere Keimblatt, und zwar liefert das obere das vordere Epithel, die Kopfplatten dagegen die übrigen Bestandtheile.

Für die sclera und chorioidea bestätigt Kessler die früheren Angaben, wonach beide nur von den Kopfplatten aus durch Differenzirung der Elemente entstehen.

Ueber die Entwicklung der Iris und der processus ciliares theilt Kessler weitergehende Beobachtungen mit und fasst die Resultate kurz so zusammen: „Iris und processus ciliares werden gebildet durch die Betheiligung zweier Keimblätter, des oberen und des mittleren, — specieller: der aus der Medullar-Platte stammenden beiden Blätter der secundären Augenblase einerseits und der Kopfplatten andererseits. Dieses beim Hühnerembryo erlangte Ergebniss stellt Kessler auch für die Entstehung der Iris bei den Tritonen fest.

Ueber die Anlage des Sehnerven und die Bildung der Netzhautspalte nebst pecten sind die Untersuchungen bisher am wenigsten ausführlich gewesen. Remak giebt an, dass die Wände des hohlen Augenblasenstiels sich schon früh an einander legen, so dass der Uebergang von Flüssigkeit aus den Augenblasen in die Hirnblase unmöglich wird; sie sollen auch alsbald mit einander verwachsen und der aus der Verwachsung hervorgehende platte Stiel (Sehnerv) soll durch Erhebung seiner Ränder eine nach aussen gerichtete Halbrinne bilden, welche sich nach Huschke (Lehre von den Eingeweiden S. 732) zu einem Canal, dem bekannten Canal des Sehnerven, schliesst. Der Stiel stelle zu einer gewissen Zeit eine doppelwandige Rinne dar, die sich in den Augennapf fortsetze. Wenn man sich eine Sonde in diese Rinne gebracht denke, so würde man sie nach der einen Seite auf die Oberfläche des Gehirns, nach der anderen durch den die Linse umfassenden Pupillarrand der secundären Augenblase hindurch in die Höhle der letzteren, das heisst in die Höhle gleiten lassen können, wo später der Glaskörper sich finde. Um die fernere Entwicklung des Auges zu verstehen, müsse man die Formveränderung beobachten, welche der die Linse umfassende Pupillarrand der Augenblase erfahre. Der letztere, sagt Remak, ist zur Zeit, wenn die Linse noch die oben beschriebene Oeffnung hat, birnförmig; die Linse ruht alsdann in dem abgerundeten Theil dieses birnförmigen Ausschnittes, während das in die Rinne des Stieles übergehende zugespitzte Ende desselben der Substanz der Kopfplatten einen Zugang in den Glaskörperraum ge-

stattet. Diese spitze Lücke wird nun dadurch geschlossen, dass die dieselbe begränzenden Doppelwände der secundären Augenblase sich allmählig einander nähern, bis sie einander und zugleich auch den Aequator der Linse erreichen. Alsdann ist der Pupillarrand der secundären Augenblase kreisförmig geworden und die Rinne des Stieles setzt sich bis zu demselben fort. Diese Fortsetzung der Rinne macht sich durch den Mangel an Pigment an der chorioidea bemerkbar: sie kann als Augenspalte bezeichnet werden. Doch ist zu bemerken, dass die beiden Ränder derselben, sobald sie sich erreichen, auch sofort mit einander verwachsen."

Ueber das Chiasma nervorum opticorum theilt Reichert (der Bau des menschlichen Gehirns 1861) Folgendes mit: Was das Chiasma nervorum opticorum betrifft, so ist zunächst daran zu erinnern, dass die Augenblasen nach der Abschnürung durch kurze Stiele mit dem ersten Hirnbläschen und zwar in der Nähe der Basis und vor dem Trichter, zusammenhängen. Diese kurzen hohlen Stiele sind die Anlagen der eigentlichen nervi optici. Die zwischen ihnen gelegene Lamelle des Bodens der dritten Hirnhöhle ist demnach die ursprüngliche und erste äussere Commissur der beiden Seitenhälften des Centralnervensystems. Wenn später der nervus opticus solide wird, dann erhebt sich gleichzeitig eine graue Wulst an der bezeichneten Lamelle und bildet sich zum Chiasma nervorum opticorum aus. So wird begreiflich, dass auch bei Erwachsenen dieses Chiasma, welches also die Anlage aus den ursprünglichen Commissurenlinien der beiden Seitenhälften des Gehirns erhalten hat, mehr oder weniger innig mit dem Boden der dritten Hirnkammer verwachsen ist. Der Tractus opticus bildet sich durch eine Art Ablösung einer oberflächlichen Schicht von den Seitenwänden der ersten Abtheilung des Hirnstocks (Sehhügelregion), gerade so, wie dieses auch bei den übrigen Nervenwurzeln der Fall ist.

Nach der Darstellung von His (Entwicklung des Wirbelthierleibes 1868) schnürt sich die aus der ersten Hirnblase hervorwachsende primitive Augenblase von oben und zum Theil von hinten und gar nicht von unten her ab; es lässt sich demnach an ihr nach erfolgter Kopfbeuge ein freies vorderes oder oberes Ende, zwei Seitenränder und ein Wurzeltheil unterscheiden. Der Wurzeltheil geht unter allmähliger Verschmälerung in die Basis der ersten Hirnblase über. Die Längsaxe der Schale und diejenige der Augenblasenwurzel bilden mit einander einen Winkel von mehr als 90°. Durch die Wurzel kommunizirt die Höhle der primitiven Augenblase mit der des Gehirns. Während der Ausbildung der Linse nähert sich das vordere Blatt der primitiven Augenblase dem hinteren immer mehr und kommen beide schliesslich mit einander in Berührung. Der die Linse aufnehmende

Theil erhält dadurch die Gestalt einer flachen Schale, die an ihrem unteren und inneren Ende mit dem Gehirn in Berührung steht; dies ist die Stelle des späteren Sehnerven. Die runde Kommunikationsöffnung zwischen der Höhlung der Augenblase und des Gehirns wird nach den Untersuchungen von His nicht allein kleiner, sondern zieht sich auch mehr und mehr nach hinten zurück. An der Stelle, wo die die Linse aufnehmende Höhlung der Schalen von der Augenblasenwurzel sich scheidet, erhält sich die bekannte Spalte der secundären Augenblase. Durch diese Spalte treten nach den Angaben von His und aller anderen Forscher die Anlagen des Glaskörpers und des Systems der Arteria centralis retinae. Nur Kupfer stellt neuerdings die davon ganz abweichende Ansicht dar, dass bei den Fischen die Chorioidalspalte dazu diene, die Fasern des nervus opticus hindurchzulassen.

Diese Forscher haben die Existenz des sogenannten Kammes oder Fächers des Auges unberücksichtigt gelassen. Schon Rathke erwähnt, dass die Netzhaut da, wo in der Aderhaut zu einer gewissen Zeit der pigmentlose Streifen vorkommt (Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere von Heinrich Rathke, Leipzig 1861), warhrscheinlich bei allen Wirbelthieren eine gegen die Höhle des Auges gekehrte Falte schlägt, die von der Eintrittsstelle des Sehnerven ausgeht und in den Glaskörper einschneidet. Bei den Vögeln und Sauriern soll darauf die chorioidea die Netzhaut durchbrechen und so der Kamm entstehen. Diese Entstehungsart der Chorioidalspalte hat sich jedoch nicht bestätigt. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung des processus falciformis, der bei den Fischen dem pecten der Vögel entspricht, fasst Schenk die Chorioidalspalte in ihrer Entstehung richtiger auf. (Zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Fische. Sitzungsberichte der Academie der Wissenschaften in Wien. 1867). Sie kommt nach seinen Untersuchungen zu Stande, indem mit der napfförmigen Vertiefung der Augenblase zugleich eine Furche an ihrer unteren Hälfte gebildet wird. Indem die Begränzungsränder der Furche in Form eines Fortsatzes gegen die Linse zu wuchern, und zwischen ihren einander zugekehrten Flächen Gebilde vom mittleren Keimblatte führen, die mit den Gebilden rings um die Augenblase im Zusammenhang sind, geben sie die Anlage zum processus falciformis. Es betheiligten sich nach dieser Darstellung bei der Bildung desselben sowohl Bestandtheile der secundären Augenblase wie auch Gebilde des mittleren Blattes.

Ganz kurz bespricht Kessler in der oben citirten Abhandlung S. 13 die Gefässanlage des pecten. Nachdem er angegeben hat, dass die Gefässe auf der Aussenfläche der Linsenkapsel beim Säugthierembryo ihre Entstehung derselben embryonalen Gefässanlage verdanken, aus

der die arteria centralis nervi optici und hyaloidea hervorgehen, sagt er weiterhin: „Eine homologe Gefässanlage findet sich auch beim Hühnchen an der Bauchfläche des Augenblasenstiels; dieselbe erhebt sich aber bei der Linsenbildung nicht bis ins cavum der Augenblase und die Rinne des Augenblasenstieles, sondern geht in die Bildung des pecten auf". Kessler nimmt sonach die Existenz einer Rinne am Augenblasenstiele des Vogelembryo an, spricht sich aber über die Betheiligung der secundären Augenblase bei der Bildung des pecten nicht aus.

Diese Verschiedenheit in der Auffassung desselben Gegenstandes fordert schon allein zur erneuerten Untersuchung auf. Dazu kommt, dass folgende Thatsachen über den Bau des entwickelten Vogelauges nicht hinreichend berücksichtigt sind, wie ich dies schon in den Sitzungsberichten der „Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg" im Maiheft 1871 mittheilte. Der Sehnerv des Vogels ist an der Stelle, wo er in den Augapfel tritt, von Arteriennetzen rings umgeben und besitzt keine arteria und vena centralis retinae (Barkow); die Gefässe, die in das Innere treten, durchziehen vielmehr die Netzhautspalte und vertheilen sich in dem pecten, während die retina selbst gar keine Gefässe besitzt (H. Müller, Hyrtl). Es werden deshalb die Verhältnisse andere sein müssen bei denjenigen Thieren, welche eine Arteria centralis retinae haben, also bei den Säugethieren. Für die weitere Entwicklung wird die Anwesenheit oder Abwesenheit eines pecten oder processus falciformis von der grössten Bedeutung werden.

Auge vom Vogelembryo.

Primitive und secundäre Augenblase.

Es sollen zuerst die am unversehrten Embryo wahrzunehmenden Erscheinungen auseinander gesetzt und dann die zum Verständniss derselben erforderlichen Querschnitte beschrieben werden Ich beginne mit der Darstellung des Auges eines etwa zwei Tage alten Hühnerembryo, bei welchem die Linse schon beinahe ganz eingestülpt und noch mit einer Oeffnung versehen ist. Mittelst etwa achtzigfacher Vergrösserung erkennt man bei oberflächlicher Einstellung an dem in der Seitenlage befindlichen Embryo, bei welchem die Kopfkrümmung vollständig vorliegt, die Linse in ihrer Abgränzung gegen das mit ihr

sich berührende vordere Blatt der secundären Augenblase. Nach innen und unten wird sie weniger weit umfasst von dem Rande der Augenblase, als an den übrigen Stellen. Der schmale Zwischenraum zwischen dem äusseren und inneren Blatt lässt sich bis an den oberen Rand einer sehr langgezogenen von oben nach unten ausgedehnten Spalte verfolgen, welche die Gehirnkommunikation der Augenblase darstellt, bei oberflächlicher Einstellung des focus aber noch kaum zu erkennen ist; bei tieferer kommt sie in ihrer ganzen Ausdehnung zum Vorschein. Sie besass ungefähr dieselbe Grösse schon, als die primitive Augenblase noch keine Einstülpung erlitten hatte. Es erstreckt sich die Spalte bis an die Basilartheile des Gehirnes hin, wo später die Sehnervenkreuzung sich bildet. Von den sie begränzenden Rändern ragt der hintere etwas mehr hervor, als der vordere und kommt dabei aussen an dieser Stelle des Kopfes eine äusserst flache Rinne zum Vorschein, welche auf den Theilen verläuft, die von aussen die Spalte decken. Die beifolgende Abbildung (*Fig. 1*) stellt die in Rede stehenden Theile in ihrer Gesammtheit dar und zeigt die Ergebnisse der verschiedenen Focaleinstellungen combinirt. Der obere Theil enthält die dem vorderen Blatt der Augenblase eng anliegende Linse mit einer noch deutlichen Oeffnung. Vorderes und hinteres Blatt der secundären Augenblase sind nahe an einander gerückt und noch von fast gleicher Dicke. Die flache Höhle zwischen ihnen sieht man nach unten, rechts und links unmerklich in die Kommunikationsstelle mit dem Gehirn auslaufen. Diese Partie würde dem künftigen Sehnerven entsprechen und ist der Wurzeltheil oder Stiel der Augenblase genannt worden. Der Theil derselben, welcher die Spalte von vorn her deckt, gehört der Fortsetzung des die Linse aufnehmenden vorderen Blattes der secundären Augenblase an und geht unmerklich nach abwärts in ihren hinteren Theil über. Die Stelle unterhalb der Linse, welche den diese einnehmenden Raum gegen die ins Gehirn führende Spalte abgränzt, zeigt noch nicht irgend eine Einbuchtung und auch noch nicht die charakteristischen in fast allen Abbildungen dargestellten einander entgegengekommenen Ausläufer der Augenblase; diese Erscheinung bietet sich erst im nächsten Stadium dar.

Die Augenblase hat sich jetzt so weit vom Gehirn entfernt oder, wie man sich auch wohl auszudrücken pflegt, ihre Abschnürung vom Gehirn ist soweit vorgeschritten, dass sich schon ein Stiel derselben von der eigentlichen Blase unterscheiden lässt. Das nun zu beschreibende Auge gehört einem etwa drei Tage alten Embryo an. An dem gekrümmten Theil des Kopfes sind die drei Abtheilungen des Gehirns, nämlich Vorder-, Mittelhirn und Vierhügelblase scharf von einander abgegränzt. In diesem Zustande ist ein Durchschnitt von Max Schultze

dargestellt worden. *Fig. 1* auf *Taf. 8.* Archiv für mikroskopische Anatomie. Band II.

Bei der oberflächlichen Einstellung nimmt man in der Seitenlage des Embryo Folgendes wahr. Das äussere und innere Blatt der Augenblase sind durch einen deutlichen Spaltraum von einander getrennt; sie unterscheiden sich durch ihre Dicke; die Uebergangsstelle des vorderen in das hintere Blatt ist auf beiden Seiten der sich bildenden Chorioidalspalte auffällig sichtbar, der Unterschied in der Dicke tritt hier erst kaum bemerkbar hervor. Zwischen den beiden Uebergangsstellen befindet sich ein breiter, mit einer leichten Einbuchtung versehener Zwischenraum. Die Linse erscheint verhältnissmässig grösser; von einer Kommunikation der Augenblasenhöhle mit dem Gehirn oder auch nur mit der Höhle des Stiels nimmt man bei oberflächlicher Einstellung nichts wahr; stellt man jetzt so tief ein, dass die Linse verschwindet, so kommt ein Raum hinter ihr zum Vorschein, welcher nach hinten durch die vordere Fläche des vorderen Blattes der Augenblase den Abschluss findet; es ist dies der Glaskörperraum. Zugleich erscheint da, wo der Stiel abgeht, eine nahezu kreisrunde Oeffnung dicht unterhalb des unteren Randes der Linse.

Bei einem durch Nelkenöl durchsichtig gemachten und in Canadabalsam eingelegten Embryo aus etwas späterer Zeit, läuft unter die kreisförmige Oeffnung (*Fig. 3*) ein kegelförmiger Zapfen hin, der mit breiter Basis von dem Gewebe der primitiven Schädelkapsel unterhalb des oberen Blattes (Remak's Hornblatt) ausgeht und sich immer mehr zuspitzend hinter den unteren Rand der Linse begiebt, um sich hinter ihr zu verlieren. Dieser Zapfen stellt die erste Andeutung des Vorganges dar, der von den Autoren Schöler, Kölliker als Einstülpung des Glaskörpers beschrieben ist. Der Zwischenraum zwischen zwei einander entgegenkommenden Wulsten der Augenblase, durch welchen dieser Zapfen geht, hat nur erst eine unbedeutende Tiefe und bildet die Anlage der Chorioidal-, Netzhaut- oder Augenblasenspalte. Es haben sich die am unteren Rande der Linse liegenden Theile der Augenblase in folgender Weise verändert. In dem ersten Stadium geht der obere Rand der secundären Augenblase ohne Unterbrechung vorn und hinten in die seitlichen über und die seitlichen laufen da, wo die Augenblasenspalte sich bilden wird, unterhalb der Linse unter einander zusammen und liegen jetzt nahezu in einer Ebene mit der sich hier anschliessenden unteren Wand der Augenblasenwurzel oder der Anlage des opticus. Nur unter einem sehr stumpfen Winkel biegt die Anlage der Retina bei *b* in die die Gehirnkommunikation deckende untere Wand der Augenblasenwurzel (*f.* in *fig. 2A.*) um. Die gebildeten zwei Erhabenheiten lassen nun zwischen sich ein enges Thal, welches in dn Raume

hinter die Linse führt. Es geht also die flache die Linse tragende Schale mit ihrem unteren Rand ohne Unterbrechung auf die untere Wand der Augenblasenwurzel über, und dieser Theil der Wurzel bildet die untere Grenze der Linse, welche hier von einem weit niedrigerem Rande umfasst wird, als im übrigen. Es existirt eben derjenige Theil der secundären Augenblase auch in der Anlage noch gar nicht, der sich innen und unten um den Linsenrand legt. Mit Entstehung der oben genannten Höcker wächst er jetzt erst empor, aber nicht ununterbrochen, sondern unter Zurücklassung einer Spalte; jemehr sich dieser Theil nun erhebt, um so grösser wird die Spalte und damit auch das Gebilde, welches diese ausfüllt, nämlich beim Vogel der Kamm und beim Fisch der processus falciformis. Zugleich wächst diese Platte auch in den Glaskörperraum immer tiefer hinein und wenn erst eine gallertartige Substanz diesen ausfüllt, so wird in der Regel bei der Entfernung derselben auch der pecten herausgerissen und es erscheint in der Pigmentschicht der Chorioidea und in der Netzhaut die Spalte, wie sie in einem früheren Stadium Max Schultze (*Fig. 3*) abbildet.

Da der pecten beim entwickelten Huhn ein bedeutend starkes Organ ist, welches durch die beiden Blätter der secundären Augenblase hindurchtritt, so muss auch die Spalte beim Embryo sich dauernd erweitern. Sie erstreckt sich jedoch in spätern Stadien der Entwicklung bei weitem nicht bis an den Linsenrand, sondern schon beim ausgebrüteten Huhn sieht man in einiger Entfernung vom Rand der Linse das Ende des Kammes (*Fig. 4*) und der Augenblasenspalte. Aehnlich verhält sich die Sache beim Hecht. Es ist daher unrichtig, von einer Schliessung der Spalte zu reden in dem Sinne, wie man von einer Schliessung der Chorioidalspalte beim Säugethier reden kann. Denn bei diesem wächst in der That die Spalte sehr früh zu; beim Vogel, vielen Fischen kann sie sich nicht schliessen, so weit der pecten oder ein ähnliches Gebilde hindurchtritt. Nur am oberen Ende solcher Vorrichtungen kann sie zum Schluss kommen. Wie sie hier beim Vogel sich auch nur auf eine grössere Strecke schliesst, weiter vorn aber offen bleibt, wird später erörtert werden.

Es ist nun auch leicht ersichtlich, wie ein solches Bild, wie es Max Schultze als Durchschnittsfigur gibt, in dem von mir beschriebenen ersten Zustand des Auges noch nicht vorkommen kann, während es im zweiten da sein muss; es hängt eben davon ab, dass sich der innere Rand der secundären Augenblase erst über das Niveau der Opticus-Anlage erhebt, was unter Bildung der Chorioidalspalte geschieht.

Bei tieferer Einstellung des Präparates in *Fig. 3* verschwindet nun auch allmählig der Zapfen der Chorioidalspalte, aber der Kreis, über

den man ihn hinwegziehen sieht, bleibt, ändert sich nur allmählich in ein langgezogenes unten mehr spitz auslaufendes Oval um. Es ist dies die dem Sehnerven angehörige Höhle, welche am Grundtheil des Gehirns ausläuft und in der Höhle desselben endigt. Bei dem in *Fig. 1* dargestellten Präparat geht bei den verschiedenen Focaleinstellungen die nahezu kreisförmige Figur früher in die langgezogene der Längsspalte über, als bei *Fig. 3*, das heisst, der Sehnerv ist hier kürzer; die Längsspalte aber entspricht in ihrer Form so genau der in *Fig. 1* abgebildeten, dass man sogleich die ursprüngliche Kommunikation zwischen Gehirn und Augenblase darin wieder erkennt.

Für den in Rede stehenden Zustand der Entwicklung sind demnach folgende Erscheinungen zu unterscheiden: 1) die spaltförmig gewordene Höhle der primitiven Augenblase; 2) die in der Nähe von dieser nahezu cylindrische in der Nähe des Gehirns mehr spaltähnliche Höhle des opticus; 3) die fast kreisförmige Einmündungsstelle des opticus in die Augenblase; 4) die spaltförmige Einmündungsstelle der Höhle des opticus in die Höhle der ersten Hirnblase.

Fig. 5 zeigt die sämmtlichen Hohlräume im Zusammenhang: *a.* die Höhle der primitiven Augenblase, *b.* die vordere kreisförmige Einmündung des opticus in die primitive Augenblase; *c.* zeigt die Stelle, wo sie in die Höhle des Gehirns ausläuft. d^1 und d^2 sind die Uebergangsstellen des vorderen Blattes in das hintere. *c* ist der Zwischenraum zwischen diesen beiden Erhabenheiten oder die beginnende Augenblasenspalte entsprechend *a* in *Fig. 1* und *Fig. 2*. Die Spalte führt in den Zwischenraum zwischen der hinteren Wand der Linse und der vorderen Fläche des vorderen oder inneren Blattes der Augenblase; dies Blatt läuft auf dem Boden der Augenblasenspalte entlang und geht hier in die untere Wand des opticus über; es deckt sonach die Einmündungsstelle der Höhle des opticus zu und geht auf beiden Seiten in die Wandung der die Chorioidalspalte begränzenden Erhabenheiten über. Stellt man den Focus so auf die Höhle des opticus ein, dass diese zugleich mit der Höhle der primitiven Augenblase sichtbar ist, so erscheint zugleich die Uebergangsstelle beider als zwei schmale Streifen bei *f.* Stellt man den Focus wieder etwas zurück, so verschwindet dies Verbindungsstück der Höhle, und man sieht nur die einander entgegenkommenden, nach der Augenblasenspalte sich hinwendenden Ausläufer der Höhle der primitiven Augenblase, wie in *Fig. 2*, wo die Uebergangsstelle der Höhle nicht dargestellt ist, oder man erhält das bekannte von Remak bereits gegebene Bild.

Schon aus diesen Thatsachen ergiebt sich, dass die bisherige Lehre, wonach bei der Bildung des opticus eine ähnliche Einstülpung des einen Blattes gegen das andere wie bei der primitiven Augenblase statt

haben soll, für die Entwicklung des Vogelauges nicht haltbar ist. Man müsste sonst bei gewissen Einstellungen eine dem entsprechende Figur der Anlage des opticus sehen. Was als die sich nach dem Boden des Gehirns hin fortsetzende Rinne des Sehnerven angesehen zu werden pflegt, gehört vielmehr noch der Augenblase an, deren Spalte in der Verlängerung des Nerven ihre Lage hat. An Querschnitten, die durch den opticus selbst gelegt sind, stellt sich dies mit vollster Sicherheit heraus; wie schon oben erwähnt wurde, findet sich auch am Vogelauge keine arteria centralis retinae vor, deren wegen eine solche Einstülpung angenommen worden ist. Insoweit eine Rinne an der unteren Fläche des Sehorgans sichtbar ist, tritt sie nur bis an den opticus heran, setzt sich aber nicht auf ihn fort.

Die weitere Entwicklung des Auges wird ersichtlich, wenn ein Präparat zu Grunde gelegt wird, wo der Sehnerv sich bedeutend verlängert hat und die Chorioidalspalte erheblich gewachsen ist. Ich wähle das in *Fig. 6* dargestellte von einem Gänseembryo; der sagittal durchschnittene Kopf wurde in Alkohol erhärtet und in Nelkenöl durchsichtig gemacht, und das Auge nach aussen gekehrt in Kanadabalsam eingelegt. Die Höhle der primitiven Augenblase bei *a* ist dadurch auffälliger geworden, dass die Blätter derselben etwas durch Druck aus einander gewichen sind; von Pigment findet sich noch nichts in dem äusseren vor; es ist aber erheblich dünner als das innere und enthält nur eine einfache Lage niedriger Zellen. Bei oberflächlicher Einstellung des Focus erscheint die Linse mit ihrer Umhüllung. An ihrem unteren Rande liegt die Netzhautspalte, die an Ausdehnung bedeutend gewonnen hat, die Erhabenheiten zu den Seiten derselben haben demgemäss bedeutend zugenommen. Der Raum, in dem der Glaskörper liegt, kommt am unteren Rande der Linse zu Tage, wo er in die den pecten enthaltende Spalte übergeht. Am unteren Ende der Spalte erscheint bei tieferer Einstellung die Oeffnung *b*, welche relativ viel kleiner geworden ist als sie in dem *Fig. 5* dargestellten Präparate erscheint; es ist die Einmündung der Höhle des opticus in die der primitiven Augenblase. Das innere Blatt der letzteren setzt sich über sie fort auf die dem Beobachter zugekehrte Wand des opticus. Bei noch tieferer Einstellung erscheint schliesslich die länggezogene ovale Einmündungsstelle der Höhle des opticus in die des Gehirns, zwischen *b* und *c* kommt die nun bedeutend verlängerte cylindrische Höhle des Nerven in ihrer ganzen Ausdehnung zum Vorschein, entsprechend der Stelle *c* in *Fig. 1* und 2. Man bemerkt auch bei den tieferen Einstellungen, eine wie bedeutende Ausdehnung die Höhle der secundären Augenblase hinter der Linse gewonnen hat.

Für die späteren Stadien ist nun der Embryo in seiner Seitenlage, auch wenn nur der sagittal durchschnittene Kopf benutzt wird, nicht mehr geeignet, über alle in Rede stehenden Punkte Aufschluss zu geben, da das hintere Blatt der Augenblase, die Anlage der Pigmentschicht, undurchsichtig wird. Es werden deshalb Quer- und Längsschnitte erforderlich. Zum Verständniss der späteren Stadien soll vorerst eine Reihenfolge von Querschnitten aus den früheren beschrieben werden.

Wie längst bekannt, bildet sich die Linse durch Verdickung und Einstülpung des oberen Blattes des Embryo. *Fig. 7* stellt ein Anfangs-Stadium dieses Vorganges bei der Gans dar. Die Kopfbeuge hat eben stattgefunden. Das Präparat ist das vordere Stück des Kopfes, frontal abgeschnitten, von der Schnittfläche aus dargestellt. Das Ei ist ungefähr fünf Tage bebrütet und entspricht einem nicht ganz zwei Tage bebrüteten Hühnerei. Man überblickt die Höhle der ersten Hirnblase in ihrem Abschluss nach vorn und den Zusammenhang derselben mit der Höhle der primitiven Augenblase *a*, deren äusseres Blatt schon nahe an das innere herangerückt ist, so dass aussen eine Concavität hergestellt wird, welche die Anlage der Linse *b* aufnimmt; diese, eine verdickte Stelle des oberen Blattes (Remak's Hornblatt), ist auch bereits nach aussen concav und nach innen convex. Die Uebergangsstelle vom Gehirn in die Augenblase erscheint so, dass die Abschnürung von oben her klar vorliegt, während, wie His hervorhebt, von unten her keine stattfindet. Es geht das Retinablatt ohne Unterbrechung in die Basilartheile der ersten Hirnblase über; die Linsenanlage wird von dem Rande der eingedrückten Blase rings umfasst, nur nach unten nicht, wo der Rand sich erst später erhebt; während diess geschieht, rückt zugleich die *b* gegenüber liegende Falte mehr und mehr nach abwärts und erscheint so der Sehnerv als Stiel der Augenblase.

Etwas weiter vorgeschritten ist der Vorgang in dem Querschnitt zu *Fig. 8*, welcher nahezu senkrecht zum vorigen gelegt ist. Das obere Blatt ist stärker gegen die primitive Augenblase eingestülpt. Man erkennt die radiäre Anordnung der Elemente des Gehirns, ebenso die gleiche Anordnung derselben in der Augenblase, dahinter liegt das Gewebe der Kopfplatten und auf dies folgt das der Hirnblase.

Fig. 9 stellt einen Querschnitt vom Kopf eines etwa drei Tage alten Hühnerembryo dar, welcher so gelegt ist, dass der Zusammenhang der Augenblase mit der Hirnblase getroffen wurde. Die Linse *a* ist bereits vollständig abgeschnürt, aber nur in ihrem unteren Theile getroffen, welcher noch ein wenig von der Höhle *b* derselben enthält; auf der linken Seite ist noch weniger von ihr zurückgeblieben *c*. Die Wurzel der Augenblase *d* ist noch sehr kurz und zeigt, wie das hintere Blatt bereits dünnwandiger ist als das vordere und wie das letztere

direct in den Basilartheil der Hirnblase übergeht ohne Vermittlung des hintern Blattes, welches hier überhaupt gar nicht vorhanden ist, weil der Schnitt durch den untern Theil der Augenblase gefallen ist; an diesem bleibt aber für die späteren Stadien stets das vordere Blatt der secundären Augenblase in unmittelbarem Zusammenhang mit der Sehnervenanlage, welche sich von *f* bis ein wenig über *d* hinaus erstreckt, während das hintere eine Fortsetzung des vorderen oder oberen Theils der Hirnblase darstellt. Zwischen Augenblase und Gehirn hat sich das Gewebe der Kopfplatten hineingedrängt, *k*; der Rand der secundären Augenblase bei *f* erhebt sich niemals, weil er der Boden der Chorioidalspalte ist.

Der voraufgehende Querschnitt, in *Fig. 10* dargestellt, enthält einen Durchschnitt durch die ganze Linse und zeigt, wie diese von allen Seiten her von der secundären Augenblase umfasst wird, obwohl in dieser Zeit noch kein ausgedehnter Glaskörperraum vorhanden ist; das vordere Blatt der secundären Augenblase ist auf seiner hinteren Fläche von einer zarten Grenzschicht umgeben; dicht vor der vordern Fläche liegt eine durchsichtige membranöse Substanz, welche sich in dem vorliegenden Falle bis nahe an die Uebergangsstelle des vordern in das hintere Blatt verfolgen liess. In einem andern Querschnitt aus derselben Zeit dehnte sie sich bis an die vordere Fläche der Linse aus. Es wird sich später herausstellen, dass hier bereits die erste Anlage des Glaskörpers und seiner Adnexa vorliegt.

Einen ähnlichen Durchschnitt wie *Fig. 9* stellt *Fig. 11* dar, nur ist die Entwicklung des dazu verwandten Embryo von einer Ente weiter vorgeschritten. Die Linse hat sich schon in der Art verändert, dass der Boden derselben verdickt und nach oben convex erscheint. Die Höhle ist demgemäss eingeengt und halbmondförmig. Der Glaskörperraum hat eine erhebliche Ausdehnung gewonnen. Der Schnitt ist dicht neben der Augenblasenspalte ihrer ganzen Länge nach hergegangen. Sie würde sich von *c*, dem Linsenrand der secundären Augenblase bis an die Eintrittsstelle des Sehnerven erstrecken. (Das Entenei war ungefähr sieben Tage bebrütet, und dürfte einem vier Tage bebrüteten Hühnerei entsprechen; die Bebrütung schreitet aber noch viel ungleichmässiger bei Enten- und Gänseembryonen fort und hat die Zeitangabe wenig Bedeutung). Der auf der Seite der Chorioidalspalte liegende Theil der Augenblase erscheint in der Figur als eine Verlängerung der unteren Wand des opticus, in welchen nun die Augenblasenwurzel unzweifelhaft übergegangen ist. Seine Höhle setzt sich vorn in die Höhle der primitiven Augenblase fort, deren hinteres Blatt noch kein Pigment enthält. Die excentrische Lage der Eintrittsstelle des Sehnerven entspricht vollkommen den später sich entwickelnden Zuständen;

die Höhe des die Linse bei *c* umfassenden Theiles der secundären Augenblase entspricht nicht nur der Länge der Chorioidalspalte, sondern auch der Länge des Kammes, der dieselbe durchzieht.

Der Glaskörper und die Linsenkapsel.

Die erste Anlage des Glaskörpers erfolgt schon viel früher als es bisher angenommen worden ist und fällt in die Zeit vor dem Auftreten der Augenblasenspalte. Sie tritt auch nicht getrennt von der der Linsenkapsel auf, sondern entsteht mit dieser zugleich. Remak's Angabe, wonach die Linsenkapsel ein Ausscheidungsproduct des sich abschnürenden Hornblattes ist, bestätigt sich nicht; sie gehört vielmehr dem mittleren Keimblatt an. Wenn Kessler behauptet, dass für die Einstülpung der Kopfplatten bei der Bildung der Linse kein Material vorhanden sei, da nach Remak's Angabe sich zwischen Hornblatt und primitiver Augenblase Nichts vorfinde, so muss ich zugeben, dass auch ich vor Beginn der Einstülpung der Linse bis jetzt beim Auge der Embryonen der Vögel Nichts wahrgenommen habe, wohl aber beim Auge der Säugethiere, wie später auseinandergesetzt werden soll. Beim Auge der Vögel fand ich jedoch eine Fortsetzung des Gewebes der Kopfplatten hinter der in der Einstülpung begriffenen Linse in wiederholten Fällen. Bei diesen ist also entweder vor der Einstülpung in Wirklichkeit Nichts vorhanden oder das Vorhandene ist zu schwach, um mit den gegenwärtigen Hülfsmitteln sichtbar zu sein. Im erstern Fall wächst es alsdann während der Einstülpung der Linse hinter sie hinweg und im zweiten wird es von Anfang an zugleich mit ihr eingestülpt. Das Letztere hat mit Sicherheit für das Auge des Säugethieres Geltung.

Die besten der mir vom Auge des Vogelembryo vorliegenden Präparate sind in *Fig. 8*, *45* und *50* abgebildet. In dem ersten lässt sich eine strukturlose Membran am hintern Rand der sich einstülpenden Linse erkennen, welche bis in den Winkel bei *a* sichtbar ist. Hier könnte Zweifel obwalten, ob sie zum obern Blatt (Hornblatt) gehört, oder ob sie vom Gewebe der Kopfplatten abstammt. Dieser Zweifel wird durch die folgenden beiden Präparate gehoben. In diesen von Augen von Hühnerembryonen herstammenden Querschnitten setzt sich das Gewebe der Kopfplatten in feiner Lage hinter die Linse fort und folgt bei *a* und *b* dem Hornblatt nicht in die Falte hinein, es spannt sich über sie aus. Wenn es auch immerhin möglich ist, dass in letzterer Beziehung ein Kunstproduct vorliegt, so ist dies doch kaum zu

bezweifeln, dass es sich um das Gewebe der Kopfplatten handelt, da es als eine structurlose Fortsetzung derselben erscheint und beim Säugethierauge dasselbe schon vor der Einstülpung der Linse zwischen oberem Blatt und primitiver Augenblase sich vorfindet.

Dass nun aus der Anlage zwischen Linse und secundärer Augenblase die Linsenkapsel und Glaskörper nebst seinen Adnexa hervorgehen, ergiebt sich auch mit grösster Sicherheit aus den mir vorliegenden Präparaten vom Säugethierauge.

Am Auge der Embryonen der Vögel habe ich über den in Rede stehenden Vorgang noch Folgendes beobachtet. In *Fig. 51* erkennt man bei *b* eine zellenlose Fortsetzung des Gewebes der Kopfplatten, welche sich bei starker Vergrösserung als eine feingestreifte Substanz erkennen lässt, die mit der Zwischensubstanz zwischen den Zellkörpern der Kopfplatten in continuirlichem Zusammenhang steht; bei *c* spaltet sie sich in zwei Abtheilungen, von welcher die eine vor die Linse hinzieht, die andere dagegen hinter die Linse verläuft, um sich in den Glaskörper zu verlieren. Dasselbe ist auch auf der andern Seite bei *b* sichtbar. In einem andern Präparat befinden sich in dem noch ungespaltenen Stück bereits Zellkörper; man sieht also, wie diese ihren Weg die zellfreien durchsichtigen Anlagen entlang nehmen. In dem Glaskörper selbst sind zu diesen Zeiten die Zellkörper von Babuchin nachgewiesen.

Offenbar bildet nun derjenige Theil der Grenzschicht des Glaskörpers, welcher an die Linse stösst, die Linsenkapsel, da Etwas ausser ihm die Linse von hinten her nicht berührt; eine besondere Kapsel ist ausserdem nicht vorhanden. Die Zellen finden sich vorwiegend in den peripherischen Theilen des corpus vitreum und besitzen im frischen Zustand eine ausgesprochene Sternform mit wandelbaren Fortsätzen; in seinen innern Theilen vermochte ich solche nicht aufzufinden an einer ganzen Reihe von Durchschnitten, die ich aus spätern Stadien der Entwicklung anfertigte, wo dergleichen sich überhaupt erst herstellen lassen.

Wo die Augenblasenspalte noch am Linsenrand ausläuft, lässt sich die der Retina anliegende Grenzschicht (limitans hyaloidea) leicht von der Linsenkapsel unterscheiden; man sieht die erstere sich über die letztere am Linsenrand herüberlegen und nach vorn zu mit ihr verschmelzen; dieselbe enthält im Bereich des corpus ciliare die Anlage der zonula.

Das ausgebildete Vogelauge verhält sich in Beziehung auf das corpus ciliare und die zonula etwas anders wie das Säugethierauge. Es erstreckt sich nämlich das sehr breite corpus ciliare viel weiter nach vorn auf die vordere Fläche der Linsenkapsel; der ganze peripherische Theil der hintern Augenkammer ist demnach ein Zwischen-

raum zwischen der hintern Fläche der Iris der vordern Fläche der mit der zonula verwachsenen Ciliarfortsätze. Diese befinden sich in auffallend fester Verbindung mit der Linsenkapsel. Wenn sie herausgerissen werden, so erscheint auf der Linsenkapsel eine Reihe von Halbrinnen, die nach vorn mit einem Bogen enden, dessen Convexität nach vorn gekehrt ist. Von der Höhe des Bogens ziehen Streifen auf die Linsenkapsel herüber und verstreicht die ganze membranöse Ausbreitung gegen ihre Mitte hin, während sie am Rande als solche an Querschnitten sich scharf abhebt und die Fasern der zonula innen erkennen lässt. Weder bei den Augen der Hühner, noch bei denen anderer Vögel gelang es mir bisher, eine Andeutung von Fasern auf der hintern Hälfte der Linsenkapsel zu finden, wo sie beim Auge des Säugethiers so klar hervortreten, wie diess Henle und Merkel beschrieben haben.

In Betreff der zonula selbst muss ich die Angabe von Merkel bestätigen. Trennt man an dem in Alkohol erhärteten Auge eines jungen Staars den vordern Theil nebst Linse und vordern Stück des Glaskörpers ab und führt nun Schnitte von der Peripherie des corpus ciliare gegen den Linsenrand hin, so sieht man auf der pars ciliaris retinae die limitans hyaloidea nebst der sie als einfache Faserlage deckenden zonula, welche den Erhabenheiten und Vertiefungen des corpus ciliare genau folgt; in die letztere senkt sich die Glaskörpersubstanz selbst mit ein und füllt die Thäler aus. In *Fig. 24* ist die Glaskörpersubstanz als eine dünne Platte sichtbar, auf welche senkrecht die aus den Thälern hervorgezogenen Fortsetzungen derselben aufgesetzt sind; mit *a* ist die Grenzschicht bezeichnet, an deren dem Glaskörper zugekehrten Seite bei starker Vergrösserung die Querschnitte der Zonulafasern wahrzunehmen sind.

Die Präparate, welche in *Fig. 12*, *13*, *14* u. *15* dargestellt sind, zeigen die Anwesenheit von Zellkörpern im Glaskörperraum. Die innere Lamelle *a* (*Fig. 12*) von der secundären Augenblase ist schon etwas dicker als die äussere *b* und befindet sich bereits in erheblicher Entfernung von der Linsenblase *c*, so dass ein ausgedehnter Raum für die Glaskörpersubstanz gewonnen wird. Vor dem Auge sieht man noch ein Stück der Eihäute, welches mit der Lage *e*, die Babuchin als Epidermisschicht beschreibt und abbildet, verklebt ist. Darauf folgt die von Babuchin als Anlage der cornea bezeichnete, in Wirklichkeit aber zugleich die Anlage des vordern Theiles der Linsenkapsel darstellende, mit zerstreuten kernhaltigen Zellen versehene Schicht. Das Gewebe bei *h* gehört den Kopfplatten an, ist mit einer strukturlosen Grenzschicht versehen und hängt mit der Cornea-Anlage zusammen; die in gewisser Entfernung von einanderstehenden rundlichen kernartigen Körper unterscheiden dasselbe wesentlich von dem fein-

körnigen und zugleich radiär gestreiften der Augenblase. In der in Rede stehenden Abbildung ist nun noch die bereits erwähnte hier dickere Schicht bei *k* dargestellt. Sie geht von dem Gewebe der Kopfplatten aus, wo dieses in die Anlage der cornea übertritt, deckt den Rand der secundären Augenblase, wo er sich an die Linse anlehnt und begiebt sich nach hinten, um den ganzen Raum zwischen Linse und secundärer Augenblase auszufüllen. Es enthält jetzt dies Gewebe in gewissen Entfernungen von einander abstehend, theils kugelige, theils sternförmige Zellen. Der hintere Theil erscheint in der beifolgenden Figur als ein breiter Lappen und stimmt mit demjenigen Gebilde überein, welches Babuchin als Glaskörper mit der strukturlosen hyaloidea ansieht; es enthält aber auch zugleich die Anlage für den hintern Theil der Linsenkapsel und die zonula. Wenn der Glaskörper an Grösse zunimmt, so sind die Zellkörper vorwiegend in seinen peripherischen Theilen enthalten und die eigentliche Substanz desselben kann gallertig oder selbst ganz flüssig sein, z. B. beim Staar, Sperling; bei Fischen erwähnen bereits Schenk und Kupfer die flüssige Beschaffenheit des embryonalen Glaskörpers. An dem frischen Glaskörper eines siebentägigen Hühnerembryo, der nebst der Linse aus dem Auge herausgenommen wurde, sind die Zellen rings um die Linse angehäuft in der ganzen fossa patellaris und bilden eine Schicht auf der äusserst feinen Linsenkapsel. Im übrigen sind sie zahlreich unter der limitans hyaloiden im Bereich der pars ciliaris retinae und treten auch zwischen den Ciliarfortsätzen auf. Seltener erscheinen sie im hintern Theil des Glaskörpers; häufiger in der Umgebung des pecten.

In *Fig. 14* ist die Grenzmembran dargestellt, welche vorn die Netzhautanlage überzieht; sie ist bei *b* noch mit der Retina im Zusammenhang, bei *a* hat sie sich aber abgelöst; bei *b* erscheint die Retina deshalb scharf contourirt, weiter davon hingegen nicht. Das losgelöste Stück setzt sich in die die hintere Fläche der Linse überziehende, hier etwas verzerrte Membran fort.

In dem fortgeschritteneren Zustande, in welchem die hintere Platte der Augenblase bereits schwarzes Pigment enthält, liessen sich auch namentlich vorn an der Vereinigungsstelle zahlreichere kernhaltige Zellen bei stärkerer Vergrösserung unterscheiden (*Fig. 15*). (Hühnerembryo von 6—7 Tagen.) In einem besonders gelungenen Präparat eines Gänseembryo, welches in *Fig. 13* abgebildet ist, ist die die Retina-Anlage überkleidende Grenzschicht des Glaskörpers von derselben zum grossen Theil losgetrennt und gegen die hintere Wand der Linse gedrängt. Wo sie von der Retina-Anlage abgelöst ist, erscheint wieder diese ganz unbestimmt abgegrenzt.

Zwischen diesen mit Zellen versehenen Grenzschichten-Anlagen tritt

nun mehr flüssige oder gallertige Substanz auf, welche die eigentliche Masse des Glaskörpers bildet. Die Zellen können auch noch nachträglich tiefer innerhalb der Gallert auftreten, so dass der ganze Glaskörper sich nicht scharf gegen die zellenreiche Umhüllung absetzt.

Es existirt also beim Vogelembryo keine eigentliche hyaloidea als eine im frischen Zustande darstellbare Membran. Es ist die zellenlose Grenzschicht des Glaskörpers so fest mit der Netzhautanlage verwachsen, dass sich beide nicht von einander trennen lassen, ohne dass eine Verschiebung der Netzhautelemente statt findet.

Die Hornhaut.

Während die sich einstülpende Linse von dem obern Blatt schliesslich vollständig abgeschnürt, und losgelöst wird, ist diess bei der gegen die vordere Fläche der Netzhautanlage vor ihr vorrückenden dünnen Lage des Gewebes der Kopfplatten nicht der Fall; diese bleibt vielmehr stets mit letztern im Zusammenhang. Bei den *Fig. 45* und *50* dargestellten Präparaten folgt die feine Lage des mittlern Keimblattes der Falte des obern Blattes nicht, sondern geht über sie hinweg. In einem Präparat aus etwas späterer Zeit erstreckt sich dagegen ein äusserst feiner Zapfen bis in die Spitze der Falte hinein und muss nach vollendeter Abschnürung des Hornblattes dieser vor der Linse eine Kapsel zum Abschluss bringen, wie sie *Fig. 12* dargestellt ist. Diese allseitig geschlossene Kapsel erscheint alsdann bei *e* im Zusammenhang mit den Kopfplatten, von denen sie ihre Entstehung genommen hat. Sie hängt auch an der Stelle mit ihnen zusammen, wo sich später die Augenblasenspalte bildet; ohne dass sie jetzt schon dort irgend eine Verdickung zeigte. Diese tritt vielmehr erst mit der Spalte selbst auf und nimmt mit dieser dauernd an Ausdehnung zu.

Der vor der Linse liegende Theil derselben ist von Babuchin richtig abgebildet und hat dieser Forscher auch bereits die in ihr vorkommenden Zellen, welche in *Fig. 12* als leichte Hervortreibungen dargestellt sind, beobachtet. Da derselbe jedoch den damit zusammenhängenden, hinter die Linse gehenden, Theil nicht sah und Präparate, wie sie *Fig. 45* und *50* zeigen, nicht zur Beobachtung erhielt, so beanstandete er die von Remak mitgetheilte Art der Entstehung der Linsenkapsel, als eine Ausscheidung des Gewebes der Linse selbst nicht, und erklärte die zwischen Linse und Hornblatt befindliche Schicht des Gewebes der Kopfplatten ausschliesslich für die cornea, während doch zugleich der vordere Theil der Linsenkapsel mit darin enthalten ist.

In einem nächstfolgenden Stadium der Entwicklung ist die durchsichtige Substanz an der Linse dicker und erscheint auf Durchschnitten kernlos, wofür sie auch Kessler erklärt und annimmt, dass damit die Grundsubstanz der cornea gegeben sei und ihre Zellkörper erst später einrücken. Es mussten danach die schon vorher vorhandenen Kerne mit den feinen Körnchen in ihrer Umgebung untergegangen sein. Wenn man jedoch einen Streifen aus der cornea herausschneidet und ihn zu einer Falte umschlägt, so dass das Epithel nach einwärts gekehrt ist, so gelingt es doch, vereinzelte Kerne in der Grundsubstanz wahrzunehmen und kann ich deshalb der Auslegung Kessler's in diesem Punkte nicht zustimmen. Wenn es beim Vogelauge Schwierigkeiten macht, die Zellkörper in dem Gewebe der cornea zu dieser Zeit zu finden, so sieht man sie dagegen beim Säugethierauge stets mit der grössten Leichtigkeit und in grosser Zahl auf jedem beliebigen Durchschnitt, vergl. *Fig. 52.*

An einem etwa 6 Tage alten Hühnerembryo befindet sich unter der cornea eine einfache Lage dicht gedrängter Zellen, welche mit denen der Kopfplatten in continuirlichem Zusammenhang steht und von Kessler als inneres Epithel beschrieben ist. An meinen Präparaten setzt sich diese Zellenlage nach hinten in die Anlage des Glaskörpers fort. In *Fig. 14* ist der Zapfen oben bei *a* stärker von solchen Zellen mit wenig Protoplasma durchsetzt; wie sie von der in Rede stehenden Schicht ausgehen. Das innere Epithel Kesslers hat als Grenzschicht gegen die Linse hin eine feine durchsichtige Membran, der vordere Theil der Linsenkapsel, welche sich jetzt erst als solche gegen die cornea absetzt. Was also ursprünglich die Linse umgab, war noch nicht die eigentliche Linsenkapsel.

Da nun die cornea auch schon, wo sie homogen erscheint, Zellkörper besitzt, und sie niemals verliert, so kann ich der Annahme von Kessler nicht beistimmen, dass diese erste Anlage, welche er die cornea propria nennt, nur aus Grundsubstanz bestehe, in welche die Zellen erst nachträglich einwandern. Sie werden aber nur in grossen Mengen am Rande zuerst leichter sichtbar, später auch gegen die Mitte zu. So lange die Zellkörper in der cornea schwer sichtbar sind, dürfte von einer zellfreien Grenzschicht nicht die Rede sein; erst wenn die Zellen überall deutlich hervortreten, werden auch die Grenzschichten deutlich: als Tunica elastica anterior und posterior.

Nach den histologischen Angaben Kesslers ist im Hornblatt zu der Zeit, wo die Entwicklung der cornea beginnt, die Differenzirung in die zwei Schichten, welche sich später zum Stratum corneum und Stratum Malpighii weiter entwickeln, bereits eingetreten. Die weitern Veränderungen im Hornblatt in der Ausdehnung, in welcher es cornea

epithel werden soll, gehen äusserst langsam vor sich und bestehen nur darin, dass die Zellen der tieferen Lage sich zu schönen grosskernigen Cylinderzellen ausbilden, die horizontal zur Körperoberfläche liegenden der äussern Schicht dagegen nur an Zahl zunehmen und dichter an einander zu liegen kommen. Erst gegen Ende des Embryolebens erscheint zwischen beiden eine Schicht rundlicher, wohlentwickelter Zellen.

Nervus opticus.

Dass der Sehnerv keine Einstülpung seiner unteren gegen die obere Wand erleidet, wie bisher allgemein angenommen wurde, und auf diese Weise eine Rinne auf seiner unteren Seite erhält, lässt sich nun auch an Durchschnitten mit aller Sicherheit darthun und sich seine Entwickelung von dem Zustande als Augenblasenwurzel an bis zu einem soliden Strang vollständig verfolgen. Es geht in der That der Stiel der Augenblase unzweifelhaft in die Anlage des opticus auf. Die Zellenverbindung, welche derselbe zwischen dem Gehirn und der Retina-Anlage Anfangs herstellt und die sich später lösen soll, indem die Zellen dem Gehirn zufallen, diese Zellenverbindung hört niemals auf, sondern unterliegt fortdauernden Veränderungen zugleich mit dem betreffenden Theil des Gehirns und der Augenblase.

So lange der Sehnerv noch mit der Höhle des Gehirns in offenem Zusammenhange steht, behalten seine Formelemente dasselbe Aussehen, wie die seines Ursprungs bei, so dass man ein Theilchen desselben weder von einem Stück des Gehirns noch auch der Netzhautanlage zu unterscheiden vermochte. In einem solchen Zustande befindet er sich auch noch zu der Zeit der Entwicklung, aus der das Präparat *Fig. 1* und 2 entnommen wurde. *Fig. 16* stellt einen Querschnitt dar welcher nun schon erhebliche Veränderungen zeigt; es ist auf der einen Seite der Sehnerv in seiner ganzen Länge erhalten geblieben, auf der anderen liegt er in einem etwas schrägen Querschnitt vor. Der Embryo war etwa 12 Tage alt und gehört der Gans an. Das hintere Blatt der Augenblase ist schon pigmentirt, ohne dass jedoch bereits Zellengrenzen mit Sicherheit zu erkennen wären. Der Sehnerv ist noch mit einer Höhle versehen, die bei *a* sichtbar ist. Das sie umgebende Gewebe zeigt die Andeutung einer radiären Streifung. In dem Präparat nimmt der Nerv gegen das Gehirn zu etwas an

Dicke ab, in Folge der Schnittrichtung eben so gegen die Netzhaut hin, mit welcher er in continuirlichem Zusammenhange erscheint.

Retina und Pigmentblatt hängen fest mit einander zusammen und sind hier nur bei der Führung des Schnittes von einander gewichen. Bei *c* gehen Fasern von dem Sehnerven in die Retina deutlich über. Eine Sehnervenscheide setzt sich in dem Präparat noch nicht ab, sondern es verläuft der Nerv in einer cylindrischen Höhle der Kopfplatten. Er ist in seiner ganzen Ausdehnung fein längsgestreift; wie sich die Streifung in die Retina als Faserlage hinein fortsetzt, so gehen in der entgegengesetzten Richtung die Fasern in die am Boden des nachherigen dritten Ventrikels schon gebildete Faserlage über, und kreuzen sich mit denen von der anderen Seite. Ein Theil der Fasern ist quer getroffen *d*. Sie erscheinen ausserordentlich fein und lassen sich Opticusfasern und Hirnfasern nicht von einander unterscheiden. Offenbar liegt die erste Andeutung des chiasma nervorum opticorum vor. Es bildet sich dies also nicht erst, wenn der Sehnerv schon solide ist, sondern viel früher. Bei stärkerer Vergrösserung erkennt man in dem Sehnerven noch kernartige, langgezogene Körper. Doch soll auf die histologischen Veränderungen erst bei der Behandlung des Säugethierauges näher eingegangen werden. Bemerkenswerth ist in dieser Beziehung nur noch das Verhalten des Nerven beim Eintritt in die Netzhaut, vergl. *Fig. 17*. Die auf dem Durchschnitt sichtbare streifige Substanz ist ausserordentlich reich von kleinzelligen Massen durchsetzt; wo der opticus mit dem hintern Blatt der secundären Augenblase *b* in Verbindung tritt, gehen seine peripherischen Zellenlagen ganz allmählich in die pigmentirten über; die Differenzirung besteht darin, dass die einen Pigmentkörner aufnehmen, die anderen, dem Nerven anheimfallenden, später zu beschreibenden Veränderungen unterliegen. Auf das zur Netzhaut werdende Blatt *a* treten auf beiden Seiten der schräg getroffenen und schon erheblich erweiterten Chorioidalspalte Nervenfasern über. Der schon in der Bildung begriffene Kamm ist losgerissen und im Glaskörper hängen geblieben.

In *Fig. 17a* ist der Sehnerv schon erheblich dicker, die Höhlung durch Wandverdickung eingeengt, die radiäre Streifung noch sichtbar; bei starken Vergrösserungen erkennt man in grössern oder geringeren Mengen bei einander stehende quer getroffene Nervenfasern zwischen den Radien. Das Gewebe der Kopfplatten zeigt bereits die Anlage der Sehnervenscheide durch eine circuläre Streifung. An den mir vorliegenden Präparaten aus späterer Zeit ist die Höhle geschwunden und von der Peripherie aus erstrecken sich Fortsetzungen von zellenhaltigem Bindegewebe in das Innere und theilen die Nervenfasern in die bekannten Felder ab. Zwischen den Fasern liegen aber auch Kerne mit

Protoplasma. Die innerhalb des bulbus verlaufenden Theile des Sehnerven lassen sich in ihrer weitern Veränderung nur mit Berücksichtigung der Entstehung des pecten beschreiben.

Pecten.

Wie bereits erwähnt, tritt der Sehnerv beim ausgebildeten Vogel in anderer Weise in den bulbus ein wie beim Säugethier. Während seine Fasern bei diesem durch die lamina cribrosa der sclerotica, welche eine fast kreisrunde Abgränzung besitzt und durch die chorioidea einfach hindurch gehen, um sich dann von dem kleinen nahezu kreisrunden blinden Fleck aus nach allen Richtungen auszubreiten, findet die Ausbreitung beim Vogel auf einer sehr langgestreckten Stelle statt. Einmal ist nämlich die Eintrittsstelle in die sclerotica schon mehr langgezogen; dann aber verläuft auch noch ein grosses Bündel der Fasern innerhalb derselben gegen den Linsenrand hin nach aufwärts, um erst ganz allmählich auf die Retina überzutreten; die ganze Uebertrittsstelle ist bestimmt durch den Verlauf des pecten, eines gefässreichen Organes, das bei verschiedenen Vögeln verschieden tief in den Glaskörper einschneidet und von der Grenzschicht, welche diesen einhüllt, überkleidet ist. Schon mit der Loupe erkennt man nach Entfernung des Glaskörpers und der Linse an einem im Aequator eröffneten Augapfel, wie die Nervenfasern zu beiden Seiten des Kammes hervortreten (*Fig. 18*) und bei aufrechter Stellung des Organs rechtwinklig zu ihm über die Retina hinziehen; an seinem oberen dem corpus ciliare zugewandten Ende strahlen sie radienförmig nach den Seiten und nach oben hin aus. Ganz ähnlich nimmt sich die Erscheinung auch am unteren Ende des pecten aus, wo der Sehnerv in die Netzhaut einzutreten beginnt. Es geht hieraus hervor, dass diese ganze Stelle dem blinden Fleck des Säugethierauges entspricht. Man könnte sich nun, wie es auch geschehen ist, vorstellen, dass der gefässhaltige Kamm nur ein Auswuchs des stratum vasculosum der chorioidea wäre, welcher durch eine Spalte der Pigmentschicht und der Netzhaut hindurch träte und seine Gefässe von der chorioidea erhielte, so wäre das Wesentliche klar.

Zu einer gewissen Zeit der Entwicklung lässt sich in der That die Sache so darstellen (*Fig. 19*). Es ist der Kamm senkrecht zu seiner Längsachse durchschnitten, zugleich auch das innere und äussere

Blatt der secundären Augenblase, dann die Anlage des stratum vasculosum der chorioidea und der sclerotica nebst der Anlage des später noch innerhalb des bulbus als Strang verlaufenden Sehnerven. Das Präparat rührt von einem etwa neuntägigen Hühnerembryo her. Die Umbiegungsstelle des vorderen Blattes *a* in das schon pigmentirte hintere Blatt *b* nimmt sich gerade so aus zu dieser Zeit zu beiden Seiten des Kammes, wie die Umbiegungsstelle am Linsenrand; die beiden Blätter weichen leicht von einander; das innere zeigt noch die radiäre Streifung und Schichtung ist noch nicht sichtbar. Das Material zur Bildung der sclerotica und des gefässhaltigen Theils der chorioidea besteht aus einer zellenreichen Substanz, in der die Differenzirung gleichfalls noch nicht wahrzunehmen ist *c*; nur die oberste Lage desselben deutet durch ihren Reichthum an Gefässen schon die Entstehung des stratum vasculosum der chorioidea an. Bei *d* treten Gefässzweige durch die Augenblasenspalte hindurch, sie gehören dem pecten an, der, wie schon Leidig und andere Forscher angeben, von einer grösseren Arterie und Vene versorgt wird, die an seiner Basis entlang laufen. Sehnervenfasern sieht man in vorliegendem Präparat nicht deutlich hervortreten, würde man entsprechende Schnitte weiter gegen das corpus ciliare hin in Betracht ziehen, so würde der Wall allmählich immer niedriger werden, und wo der Kamm aufhört, ganz verschwinden und die Augenblasenspalte hier ihren Abschluss finden.

Ein entsprechender Durchschnitt von einem Auge einer jungen Taube (*Fig. 20*), in dem die Theile schon sämmtlich differenzirt sind, nimmt sich folgendermassen aus. Der schon faltige Kamm *a* wird überkleidet von einer Fortsetzung der den Glaskörper einschliessenden Membran *b*. Die Netzhaut *c* ist vollständig ausgebildet und stösst mit ihrer Stäbchenschicht an die chorioidea *a*, welche mit ihrem stratum vasculosum und der Pigmentschicht an den innerhalb des bulbus verlaufenden Theil des Sehnerven grenzt. Darauf folgt der zu den Seiten des Sehnerven endende knorpelige Theil der sclerotica bei *f* und unter diesem das Bindegewebe, von dem eine schwache Lage unter dem Sehnerven bei *gh* hinwegzieht. Der in der vorigen Figur noch nicht differenzirte Wall; auf welchem der Kamm hervortritt, ist also zum grössten Theil in den Sehnerv aufgegangen. Der Querschnitt des letztern erscheint gefeldert und ganz ähnlich dem von Henle nur bei stärkerer Vergrösserung abgebildeten (Lehrbuch der Anatomie) Querschnitt von Sehnerven des Menschen. Die Felder selbst enthalten die Querschnitte der Fasern des opticus; ihre Grenzen sind Bindegewebsseptа, welche in dem oberen Theil allmählich verschwinden, indem sie zuletzt in das Bindegewebe des Kammes übertreten, während sie im

Uebrigen sich wie bei den Säugethieren zur sclerotica verhalten. Die Sehnervenfasern hingegen verlaufen zu beiden Seiten des Kammes bei *l* in die retina hinein. Indem so fortdauernd Nervenfasern der Felder auf die Netzhaut zu den Seiten des Kammes übergehen, wird der Wall immer niedriger, bis er schliesslich am oberen Ende ganz aufhört. An der entgegengesetzten Seite zieht sich unter dem Sehnerven auch noch der knorpelige Theil der sclera hinweg und die dünne Schicht des ihn aussen deckenden Bindegewebes.

Da die jüngsten Zustände des Kammes ganz allmählich in die späteren übergehen und eine Chorioidalspalte auch bei Säugethieren und überhaupt bei solchen Thieren auftritt, die keinen pecten besitzen, so könnten Zweifel darüber entstehen, von welchem Moment ab man sich des Ausdruckes Kamm zu bedienen hätte. Ein Bild, wie es *Fig. 21* liefert, könnte auch vom Auge eines Säugethiers herrühren, bei dem die Chorioidalspalte nur kurze Zeit offen bleibt und sich kein Kamm entwickelt. Es ist ein Querschnitt von dem untern Theil des Auges eines Gänseembryo mit dem ganzen Sehnerven *a*. Bei *b* mündet die Höhle desselben in die noch vorhandene Höhle der primitiven Augenblase kreisförmig aus. Bei verschiedenen Einstellungen des focus lässt sich die nahezu cylindrische Gestalt der Höhle vollkommen übersehen, man erkennt, wie der Sehnerv an das hintere Blatt *o* der Augenblase geht und bemerkt, wie dieses bei *d* jederseits in das vordere oder innere umbiegt. Bei *h* setzt sich das Gewebe der Kopfplatten in die Chorioidalspalte hinein fort. Auf dem Grunde der Spalte nimmt man wahr, wie ihr Boden durch denjenigen Theil der inneren Platte der Augenblase gebildet wird, der in diesem Zustande der Entwicklung die Ausmündungsstelle des opticus in die Augenblase deckt. Erst von dem Erscheinen des in dem Glaskörper unterscheidbaren zellenreichen Kammes an ist das Merkmal gegeben, welches das Vogelauge vom Säugethierauge in der in Rede stehenden Beziehung unterscheidet. Beim Hühnerembryo kann man ihn am siebenten Tage mit blossem Auge als eine pigmentfreie Hervorragung erkennen, und mittels des Mikroscopes sieht man die dicht gedrängt bei einander stehenden Zellen desselben. Die Augenblasenspalte erstreckt sich über den sie durchsetzenden Kamm hinaus noch bis an den Linsenrand als der bekannte nicht pigmentirte Streifen. Während der Kamm die secundäre Augenblase durchschneidet, gilt diess nicht für die Grenzhaut; die limitans hyaloidea setzt sich vielmehr über den Kamm hinweg ununterbrochen fort, indem sie zu den Seiten desselben die Netzhaut verlässt. Sie bleibt beim Herausnehmen des Glaskörpers stets an diesem haften, wie häufig auch der mit ihr verwachsene Kamm. Wo der Kamm nicht mehr aus der Spalte in den Glaskörperraum hineinragt, legt sich das die Spalte

als ein schmaler Streifen ausfüllende Gewebe zu beiden Seiten auf die Netzhaut und bildet die limitans. Am Linsenrand setzt es sich als dünne Membran auf die Linsenkapsel fort. Am zwölften Tage ist der Kamm bereits in Falten gelegt und von feinen Pigmentkörnern durchsetzt; an geeigneten Präparaten erkennt man die zahlreichen Capillargefässe, welche seinen wesentlichsten Bestandtheil bilden. Er hat an Länge und Dicke zugenommen; dem entsprechend auch die Spalte.

Die Chorioidalspalte.

Der bekannte weisse Streifen, welcher die Gegenwart der Chorioidalspalte, Augenblasenspalte, Netzhautspalte andeutet, ist bis zum Erscheinen des ihn später (etwa am 7. Tage der Bebrütung) deckenden Augenlides seiner ganzen Länge nach von Aussen zu überblicken. Gegen den Augennerven zu verbreitert er sich etwas in dieser Zeit und in der Mitte wird er schmäler, an dem Linsenrand wieder ein wenig breiter.

In den frühern Stadien ist der Streifen eine Spalte in der ganzen Länge; im untern nach dem Sehnerven hinliegenden Theil derselben tritt der Kamm über die Oberfläche hervor und schneidet in den Glaskörper ein, drängt diesen gewissermassen mit seiner Grenzschicht vor sich her; weiter gegen den Linsenrand geschieht diess weniger tief und schliesslich liegt die den Kamm fortsetzende Gewebsplatte nur im Spaltraum selbst und weicht auf der Oberfläche der Netzhaut sogleich in zwei Platten auseinander, die sich auf der Retina entlang als Grenzschichten rings um den Glaskörper legen und oben am Linsenrand von dem Rand der Spalte aus die Linse mit ihrer Kapsel umgreifen.

Am 12. Tage verhält sich der Streifen ganz anders, obwohl äusserlich keine wesentliche Veränderung für das blosse Auge wahrzunehmen ist.

Entfernt man den Glaskörper nebst dem Kamme, was sehr leicht geschieht, da der letztere häufig am Glaskörper hängen bleibt, und schneidet nun das Stück aus den Augenhäuten heraus, welches den weissen Streifen enthält, so sieht man an dem Präparat von innen her Folgendes: Derjenige Theil der Spalte, welcher den Kamm enthielt, hat gegen die Linse zu seinen Abschluss gefunden; die Spalte ist hier geschlossen. Darauf folgt die zweite Abtheilung des Streifens, welche nur durch Mangel von Pigmentablagerung innerhalb der Zellen des

hintern Blattes der secundären Augenblase sich kennzeichnet und weit schmäler ist als der untere den Kamm führende Theil. Nun folgt die dritte Abtheilung, die ganz in das Bereich des Strahlenbandes fällt, weit stärker hervortritt, als die mittlere und ungefähr die untern drei Viertel corpus ciliare durchzieht.

Schon bei schwacher Vergrösserung nimmt man wahr, dass dieser Theil der Spalte sich nicht geschlossen hat; dass er vielmehr sich ebenso verhält, wie derselbe Theil zur Zeit, als sie noch in ihrer ganzen Ausdehnung offen war.

Durchschneidet man einen Augapfel von einem etwa zwölftägigen Hühnerembryo im frischen Zustand im Aequator, so gelingt es öfters, ein noch Blut führendes Gefäss mitten in der Spalte wahrzunehmen. Nachdem es durch dieselbe hindurchgetreten ist, begiebt es sich auf der pars ciliaris retinae entlang zu dem der Linse zugewandten Ende des Kammes allmählich an Dicke zunehmend.

Wenn die Augenlider den Augapfel umwachsen, so ist bald auch am lebenden Embryo die Spalte von aussen nicht mehr sichtbar, ohne dass man die Lider entfernt. Schliesslich erkennt man von aussen her nur noch das unterste Stück, auf dessen Boden der Sehnerv verläuft und innerhalb welches der Kamm seine Lage hat.

An quer durch die Gefässspalte gelegten Schnitten des Augapfels erkennt man etwa am 15. Tage, wie von der den Boden bildenden Gewebeschicht des corpus ciliare, die sich scharf gegen die sclerotica absetzt, ein dünner Zapfen ausgeht, in den die sternförmigen Pigmentzellen derselben noch eintreten können; an manchen Querschnitten laufen sie jedoch unterhalb des Zapfens entlang. Der letztere tritt nun zwischen den beiden wie sonst in der Chorioidalspalte zusammenhangenden Blättern der secundären Augenblase hindurch und läuft in die Grenzschicht des Glaskörpers und die zonula aus. Bemerkenswerth ist noch, dass nicht überall in der Umgebung der Spalte genau die Uebergangsstelle des vordern Blattes der Augenblase in das hintere gelegen ist, sondern dass sie sich von der Spalte zu beiden abwendet und nach aussen umlegt und die Begrenzung der Spalte nur von der pars ciliaris retinae gebildet wird.

Die Gefässspalte ist auch bei nahezu ausgewachsenen und selbst bei alten Hühnern noch erhalten. Sie hat aber relativ an Länge abgenommen, beginnt nämlich dicht unter dem Irisrand des Strahlenkranzes und durchzieht nur die Hälfte oder den dritten Theil desselben Aber ausserhalb des Bereiches der Gefässspalte ist die Pigmentirung vollständig und jede Spur eines weissen Streifens geschwunden.

Es sind also an dem Auge des Hühnchens in spätern Stadien der Entwicklung zwei Augenblasenspalten zu unterscheiden, eine hintere,

die Kammspalte, welche in dem Bereich der eigentlichen Retina ihre Lage hat und diese wie das Pigmentblatt durchschneidet, aber ganz und gar vom pecten eingenommen wird, und eine vordere, die Gefässspalte, welche in das Bereich der pars ciliaris retinae und des Pigmentblattes des corpus ciliare fällt. Zwischen beiden Spalten verläuft zu einer gewissen Zeit der Entwicklung ein weisser Streifen, welcher nur dem Mangel an Pigment in dem hintern Blatt der secundären Augenblase seine Entstehung verdankt.

Ueber die Schliessung der Chorioidalspalte findet sich eine Beobachtung in Rathke's Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere, S. 111. Nachdem erwähnt ist, dass die Netzhaut verhältnissmässig um so dicker, je jünger der Embryo ist, und dass sie einige Zeit bis an den Rand der Linsenkapsel reicht, heisst es weiterhin: wo in der Aderhaut zu einer gewissen Zeit der pigmentlose Streifen vorkommt, schlägt die Netzhaut wahrscheinlich bei allen Wirbelthieren eine gegen die Höhle des Auges gekehrte Falte, die von der Eintrittsstelle des Sehnerven ausgeht und in den Glaskörper einschneidet. Bildet sich an jener Stelle der Aderhaut eine Falte, so legt sich diese in die Falte der Netzhaut hinein Bei den Vögeln und Sauriern durchbricht darauf die erstere die letztere; so dass demnach bei ihnen in der Netzhaut eine Spalte entsteht. Dasselbe ist wahrscheinlich auch bei denjenigen Fischen der Fall, in deren Auge ein processus falciformis vorkommt. Bei den Säugethieren aber und bei fast allen Amphibien verschwindet wiederum die Falte der Netzhaut, ohne jemals durchbrochen zu werden.

Eine solche Falte findet sich in der That bei den Embryonen der Vögel, wenn der Kamm sich bildet, aber nicht da, wo diess geschieht, sondern vor demselben gegen den Linsenrand hin. Wenn man annehmen darf, dass Rathke sie auch bei den Säugethieren gesehen hat, so würde ihre Bedeutung für diese und die Vögel wohl dieselbe sein. Die Bedeutung ist aber die, dass eben, wo sie auftritt, der Schluss der überall vorhandenen Augenblasenspalte stattgefunden hat. Dies lehren folgende Beobachtungen. Durchschneidet man das Auge eines siebentägigen Hühnerembryo dicht hinter dem Aequator, so erscheint in dem hintern Theil der Kamm und in dem vordern eine in den Glaskörper vorspringende Falte der Netzhaut, vor dieser gegen den Linsenrand hin die vordere Augenblasenspalte; im Stadium zuvor erstreckte sich die Spalte noch vom Sehnerveneintritt bis an den Linsenrand; in nachfolgenden Stadium dagegen ist die Falte der Netzhaut ausgeglichen und die Spalte in die beiden oben von mir beschriebenen Abtheilungen geschieden. Unter Bildung einer Falte der Netzhaut hat sich also die Spalte geschlossen. Der Schluss trifft nicht das innere Blatt der

secundären Augenblase allein, sondern auch das äussere. An Querschnitten sieht man nämlich unter dem nach dem Glaskörper hin convexen Vorsprung der Netzhaut einen weit niedrigern des hier noch ungefärbten Pigmentblattes, der sich weiterhin ausgleicht. Es geht also nicht mehr wie zuvor in der Umgrenzung der Spalte das vordere Blatt der secundären Augenblase in das hintere über, sondern es hat sich von ihm zu beiden Seiten der Spalte gelöst und die nun frei gewordenen Ränder der Netzhaut- und Pigmentblattanlage sind mit einander verwachsen. Dadurch wird aber auch der Zusammenhang der Grenzschicht des Glaskörpers mit der des stratum vasculosum der chorioidea aufgehoben, welche ja zuvor durch die Spalte hindurch zusammenhingen. Wie diess geschieht, darüber geben einige Querschnitte wenigstens eine Andeutung. Es ist nämlich die Grenzschicht, welche auf der Netzhautfalte liegt, ausserordentlich zellenreich, so dass Zelle an Zelle stösst und innerhalb dieser Masse verläuft; das schon oben erwähnte Gefäss, welches durch die vordere Chorioidalspalte tritt und später zwischen der Grenzschicht des Glaskörpers und der Netzhaut sich befindet, um sich mit denen des Kammes zu vereinigen. Es wird dadurch die Annahme nahe gelegt, dass die die Chorioidalspalte ausfüllende Fortsetzung des Gewebes der Kopfplatten so zum Zerreissen kommt, dass es zuvor durch eine Wucherung des zelligen Materials erweicht wird.

Corpus ciliare, Iris und Retina.

Als die Abhandlung von Kessler mir bekannt wurde, hatte ich bereits den in den Sitzungsberichten der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg Nr. 9, December 1871 mitgetheilten Vortrag gehalten, die Zeichnungen an den Kupferstecher abgeliefert und war schon mit der Ausarbeitung beschäftigt. Die von mir über die Iris am Vogelauge gewonnenen Resultate stimmen im Wesentlichen mit denen von Kessler überein, welcher in folgender Weise den Sachverhalt zusammenfasst:

„Vom 7. Tag an tritt im vordern Abschnitt der secundären Augenblase eine vom freien der Linse anliegenden Rand medianwärts (rückwärts) fortschreitende Verdünnung der innern Lamelle ein, wodurch die letztere in zwei Abschnitte sich sondert.

Der hintere im Dickendurchmesser wachsende Theil der secundären Augenblase liefert durch Differenzirung sämmtliche Schichten der retina: in der vordern sich verdünnenden Zone tritt am 10. Tag durch Faltenbildung eine neue Sonderung ein: der vor der Falte gelegene Theil beider Lamellen der secundären Augenblase wird zum Irispigment; der hinter dem vorderen Faltenrand gelegene, liefert durch die äussere Lamelle das Pigment, durch die innere das pigmentlose (theilweis später noch sich pigmentirende) Epithel der pars ciliaris. Der Iristheil der secundären Augenblase reicht nach vorn bis an den Pupillarrand, welchen er (auch im Erwachsenen) bildet; der Ciliartheil der secundären Augenblase reicht vom peripheren Irisrand bis an die ora serrata, an welcher sie ohne scharfe Grenze in die retina übergeht. Mit dieser Verdünnung (oder vielmehr mit der hier nicht eintretenden Verdickung) ist nichts weniger als ein Zurückweichen des Umschlagsrandes der Augenblase verbunden; dieselbe schiebt sich vielmehr weiter in die Augenkammer vor, die sich damit zugleich bildet."

Ueber die Entwicklung der innern Lamelle der Augenblase, welche aus spindel- und kolbenförmigen Zellen besteht, hat schon Babuchin Beobachtungen mitgetheilt.

Die ersten Spuren von Veränderung zeigen die Zellen, welche zur Bildung der Müller'schen Fasern dienen. Als eine Lage ausgetretener Zwischensubstanz an der äusseren Oberfläche der primären retina existire eine Zeit lang die membrana limitans externa. Wenn aber in späterer Zeit die Stäbchen hervorwachsen, bilde sie den optischen Ausdruck der Grenze der Zwischensubstanz der retina und der Enden der Müller'schen Fasern. Nach den Müller'schen Fasern bilden sich zuerst die Ganglienzellen und bald darauf die Nervenfaserschicht Die Sonderung der Molekular- und der Zwischenkörnerschicht und die erste Entstehung der Stäbchen und Zapfen tritt bei Froschlarven beinah gleichzeitig auf, aber die Molekularschicht entsteht bei diesen etwas früher, noch früher beim Hühner-Embryo. Die Stäbchen und Zapfen entstehen durch Verlängerung von Zellen. Alle oder wenigstens die meisten sogenannten Körner der inneren Körnerschicht sind echte, bei Embryonen klar zu erkennende, Zellen. Max Schultze hat diese Beobachtungen im Wesentlichen bestätigt und namentlich bei Hühner-Embryonen weiter verfolgt, während Babuchin der Grösse der Formelemente halber Frosch- und Tritonen-Larven vorzog. Schultze fand noch am achten und am Anfange des neunten Tages die limitans externa glatt, die innere und äussere Körnerschicht noch nicht von einander getrennt. Am zehnten Tage sah er auf der limitans externa zarte halbkuglige Erhabenheiten auftreten, die ungefähr ebensoviel von einander abstehen, wie ihr Durchmesser beträgt (*Fig. 13* u. *14* auf *Taf. 8*

im Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. 2). Die Erhabenheiten vergrössern sich allmählich. Die anfangs feinkörnig aussehenden Zwischenräume zwischen den Höckern werden grobkörnig und wachsen ebenfalls zu halbkugeligen Hervorragungen aus, welche sich zu den grossen etwa, wie die Stäbchen zu den Zapfen der menschlichen retina verhalten (*Fig. 19* u. *21*). Dies Verhältniss erhält sich unter fortwährender Grössenzunahme der Höcker bis zum 17. Tage; dabei schreitet die Differenzirung der inneren Struktur der retina continuirlich fort. Zunächst scheidet sich die äussere von der innern Körnerschicht am 10. Tage (*Fig. 15*), während am 13. (*Fig. 18*) auch schon die molekuläre Schicht scharf von der der inneren Körner abgesetzt ist und die Opticus-Fasern in der limitans interna immer deutlicher hervortreten; mittlerweile sind die Anfangs halbkugeligen Höcker auf der limitans externa kegelförmig geworden und haben an der Spitze und zwar constant nur die dünneren ein kleines glänzendes Körnchen entwickelt, aber auch in den dickeren Elementen erscheint ein glänzendes Korn. Es sind diess die Vorläufer der gefärbten Kugeln der retina der meisten Vögel. Am 18. Tage sind schon einzelne tief rubinroth, am 19. viele gelb, welche überhaupt in bedeutend grösserer Zahl auftreten; schliesslich sind nahezu alle kleineren Höcker mit gefärbten Kugeln versehen; über die Kugeln ragt jetzt eine feine glänzende Spitze hinaus. Es sind die sich entwickelnden Zapfen. Der Unterschied im Durchmesser der grösseren und kleineren Höcker, der Elemente der Stäbchen und Zapfenschicht, hat sich mehr und mehr ausgeglichen. Aus dem glänzenden Körperchen der dünnen ist die rothe oder gelbe Kugel hervorgegangen; aus den ähnlichen Gebilden der dickeren Höcker entstehen farblose glänzende Aufsätze, welche den Zapfenspitzen entsprechen, aber eine gleichmässige Dicke beibehalten; es sind die Aussenglieder der Stäbchen. Die Gegend der ora serrata bleibt etwas in der Entwicklung zurück; beim eben ausgekrochenen Huhn beträgt der Unterschied etwa 4 Tage. Während dieser Veränderung des inneren Blattes hat das äussere nur darin Veränderungen erlitten, dass die Zellen zu entwickelten Pigmentzellen mit ihren Scheiden geworden sind. Die ersten Spuren einer chorioidea zeigen sich am 9. Tage. Es ist eine dünne Lage Capillargefässe enthaltenden Bindegewebes, welches sich scharf von der Pigmentschicht abhebt und mit der bereits Knorpel führenden sclera innig zusammenhängt.

Während das innere Blatt bis zum corpus ciliare hin, also bis zur ora serrata diesen Veränderungen unterliegt, bleibt dasselbe von da ab nahezu unverändert.

An einem Querschnitt von dem Auge eines beinah ausgebrüteten Vogels, der durch die ganze Länge des corpus ciliare und die schon

deutlich vorhandene Iris gelegt war, zugleich mit Durchschneidung der Linse und der angrenzenden Theile, erkennt man Folgendes: Die Pigmentschicht der chorioidea enthält in dem hinteren Theile Zellen mit scharfer Abgrenzung gegen das corpus ciliare hin, welches sich durch wechselnde Erhabenheiten und Vertiefungen kennzeichnet und schon an seinem vorderen Theile in eine von der Hornhaut sich deutlich abhebende Iris übergeht; die Zellengrenzen werden in der Pigmentschicht immer undeutlicher und wo die Iris beginnt, sind nicht einmal Andeutungen von Zellengrenzen wahrzunehmen. Hier liegt die Pigmentschicht *a* (*Fig.* 22) auf dem Gewebe der Iris bis zu den äussersten Spitzen derselben und zwar nur allein. Wo die Erhöhung des corpus ciliare *b* beginnt, setzt sie sich in eine Doppelschicht von farblosen und pigmentirten Zellen fort; die farblosen setzen sich scharf gegen einander ab und sind mit deutlichen Kernen versehen; sie erstrecken sich über das ganze corpus ciliare fort und gehen ziemlich plötzlich, unter stetiger Zunahme der Höhe in die ora serrata der retina über. Diese ist in der Differenzirung gegen die dahinter liegenden Theile zurückgeblieben; dort sind die einzelnen Schichten schon sämmtlich vorhanden bis auf die Stäbchenschicht. Es geht hieraus hervor, dass im vorliegenden Stadium der Entwicklung die das corpus ciliare deckende pars ciliaris retinae in ihrer ganzen Ausdehnung bis zum Anfange der Iris verläuft, und von der aus dem hintern Blatt der secundären Augenblase abstammenden Pigmentschicht sich klar absetzt; dass dagegen auf der Iris sich nicht mehr beide Lagen durch die Färbung von einander unterscheiden lassen. Bei einem etwas kleinerem Embryo war das schon in der Differenzirung begriffene Gewebe der Iris noch ganz in Contiguität mit dem vorliegenden der cornea, so dass eine Spalte zwischen den beiden Häuten nicht sichtbar war (*Fig.* 23). Auf einem wie beim vorigen Präparat gelegten Querschnitt macht sich das Substrat der Iris schon auffallend kenntlich durch die quergetroffenen circulären Gewebstheile. Die Pigmentschicht hebt sich klar ab und erstreckt sich bis an den Anfang des corpus ciliare heran, wo sie in den aus einer ungefärbten und einer gefärbten Schicht bestehenden Ciliartheil der secundären Augenblase übergeht. Man sieht an diesem Präparat auch noch auf der farblosen Schicht eine feine durchsichtige Membran, welche sich bis zur Iris hineinstreckt: die Fortsetzung der limitans. An einem andern Querschnitt der Iris von demselben Embryo lässt sich mit Sicherheit nachweisen, dass die Pigmentschicht der Iris aus zwei Schichten pigmentirter Zellen besteht: es ist nämlich auf eine kurze Strecke die eine Lage abgerissen; die tiefere Lage besteht aus ganz abgeplatteten Zellen, die oberflächliche noch nicht ganz von Pigmentkörnern durchsetzte, aus äusserst niedrigen cylindrischen.

Fig. 24 zeigt das corpus ciliare von einem jungen Staar in einem weiter entwickelten Zustande im Querschnitt; die processus ciliares sind höher geworden.

Die von dem corpus ciliare abgehobene Platte *a* mit ihren nahezu rechtwinklich abgehenden Fortsätzen *b* stellt denjenigen Theil der Glaskörperschicht dar, welcher die auch beim lebenden Staar vorhandene Glaskörperflüssigkeit nach vorn umschliesst. Sie haftet im frischen Zustande den processus ciliares fest an und besteht aus einer strukturlosen homogenen Substanz, die auf ihrer gegen die processus ciliares hingewandten Fläche von einer einfachen Lage feiner Fasern durchsetzt ist. Diese sind bei dem Präparat mit starker Vergrösserung als Punkte wahrzunehmen, welche bei der Veränderung der Focaleinstellung nicht verschwinden. Die strukturlose Substanz senkt sich mit ihnen in die Thäler zwischen den processus ciliares hinein und entspricht demjenigen Theil der Glaskörpersubstanz beim Säugethierauge, welcher sich in die verhältnissmässig breitern Thäler gleichfalls einsenkt und von zahlreichern Fasern der zonula durchsetzt wird. (Merkel: Die zonula ciliaris. Leipzig 1870)

Fig. 25 zeigt die Zellen der pars ciliaris retinae mit ihren Kernen und deutlichen Abgrenzungen und die Configuration der Pigmentschicht bei starker Vergrösserung.

Auge des Säugethiers.

Primitive Augenblase, Linse und Linsenkapsel.

Die primitive Augenblase weicht in ihrer Lage und Gestalt nicht wesentlich von der des Vogels ab. An einem Maulwurf-Embryo von ungefähr 2 Mm. findet sie sich ohne Andeutung einer Linsenbildung vor. Um ihren Zusammenhang mit der ersten Hirnblase vollständig zu übersehen, wurde der Embryo in Glycerin durchsichtig gemacht. Die Augenblase hat sich bereits oben erheblich vom Gehirn entfernt, mit dem äusseren Theil ihrer Wurzel geht sie ohne Unterbrechung auf die Basis des Gehirns über; es ist das Gewebe der primitiven Schädelkapsel hier offenbar dicker als beim Vogel und lässt sich auch später der Sehnerv in seinen Bildungsstadien am unteren Theile des Schädels ohne Präparation nicht beobachten; schon mit Hülfe der Loupe ist die Einmündungsstelle der Augenblase ins Gehirn als ein länglicher

gerade nach abwärts gerichteter Spalt zu erkennen, der nur oben etwas weiter ist. (*Fig. 26*).

Von einem Schaafembryo wurden in diesem Zustande vom oberen Theil des Kopfes an Querschnitte angefertigt und wie die von Hühnerembryonen beschriebenen für mikroskopische Beobachtung eingerichtet. Der Embryo maass ungefähr 6 Mm. Die Augenblase hängt schon durch einen längeren Stiel mit der Basis der ersten Hirnblase zusammen, welcher kreisförmig auf dem Querschnitt erscheint. Das ganze Gebilde ist verhältnissmässig kleiner als beim Vogel, wie *Fig. 27* zeigt. Die Wandung der Blase *a* besteht aus denselben Elementen, wie die Wand der ersten Hirnblase *b*, nämlich aus radiär gestellten spindelförmigen Körpern. Auch da, wo sie der Oberfläche am nächsten liegt, ist sie doch nicht blos von der Zellenlage des oberen Blattes (Hornblatt) sondern auch zugleich von einer dünnen Schicht des Gewebes der Kopfplatten *c* bedeckt, von welchem sie nun auch peripherisch mehr und mehr umschlossen wird. An der Ausmündungsstelle ist der Querschnitt des Stiels der Augenblase mehr oval.

Nicht allein das zur Abbildung gewählte Präparat zeigt, wie das Gewebe der Kopfplatten zwischen dem Hornblatt und der primitiven Augenblase eingeschoben ist, sondern auch die übrigen mir vorliegenden Schnitte, welche sämmtlich quer zu dem vordern Theil des Embryo gelegt sind. Es würde hiernach Material für die Einstülpung des Gewebes der Kopfplatten bei der Linsenbildung gegeben sein, während solches bei dem Vogelembryo in dem entsprechenden Entwicklungsstadium noch nicht sichtbar war.

An einer Reihenfolge von Querschnitten eines Schweine-Embryo von etwa neun Millimetern in der Länge, finde ich die primitive Augenblase gleichfalls überall von einer dünnen zellenhaltigen Lage des Gewebes der Kopfplatten überzogen, welches peripherisch stärker ist, als auf der Mitte der primitiven Augenblase. Dasselbe muss bei der Einstülpung der Linse mitgenommen werden und die ersten Anlagen zu den in der Umgebung derselben gelegenen Gebilden liefern.

Das nächste Stadium enthielt die Linse schon als Blase. (Es rührt vom Maulwurf her *Fig. 28*). Dahinter liegt das vordere Blatt der Augenblase, welches durch einen schmalen Zwischenraum von dem hinteren, das schon Pigment führte, getrennt ist. Eine starke Lage des Gewebes der Kopfplatten setzt sich über die Linse fort. Ueber die Lage der Augenblasenspalte giebt *Fig. 29* Auskunft; sie befindet sich am untern Rand der Anlage des Auges, wo sie etwas von dem oberen Kiemenbogen verdeckt wird; um sie vollkommen zu überblicken, ist das Nöthige im Präparat durch einen Sagittalschnitt entfernt (Schaafembryo).

Die Umwandlung des hinteren Blattes der Augenblase in das stratum pigmenti erfolgt sehr früh. *Fig. 30* zeigt das seitlich abgeschnittene Auge nebst Sehnerv von einem Maulwurfsembryo (von 7 Mm. Länge im gestreckten Zustande), die Linse enthält noch ihre Höhle *a*; die Augenblasenspalte *b* liegt ein wenig vorwärts vom Sehnerven *c*. Das Pigment ist zu einem grossen Theil abgelagert; doch sind auch bei stärkerer Vergrösserung die Zellengrenzen noch nicht sichtbar.

Ungefähr aus demselben Stadium rührt das Präparat zu *Fig. 31* her, welches einen Durchschnitt durch die secundäre Augenblase darstellt, der gerade durch die Augenblasenspalte geht; er rührt von einem Schaafembryo mit entwickelten Kiemenbogen her, welcher in Müller'scher Flüssigkeit erhärtet war und desshalb das Blut innerhalb der Gefässe noch deutlich zeigte. Zufällig ist das Gefäss getroffen, das sich durch den Glaskörperraum zu der Linse *a* begiebt und durch eine zarte Kapsel *c* hindurch tritt; bei stärkerer Vergrösserung bemerkt man, dass die Grenzschicht der Innenfläche der Netzhautanlage fehlt. Wie ich auch an anderen Präparaten gesehen habe, löst sich diese ausserordentlich leicht von ihrer Unterlage los. Das Gewebe der Kopfplatten, welches durch die Chorioidalspalte hindurch das Gefäss zum Hintergrund der Linse begleitet, und zur Bildung des Glaskörpers beiträgt, war noch andeutungsweise zu erkennen. Das Pigmentblatt erscheint ganz schwarz in seinen gegen die schmale Höhle hingerichteten Theilen und besteht auch nur aus einer einfachen Lage von Zellen. Offenbar ist also das Präparat so aufzufassen: Der Glaskörper hat sich nebst der limitans von der vorderen Wand der secundären Augenblase abgehoben; die arteria hyaloidea verbreitet sich in ihm und damit zugleich an der Anlage der Linsenkapsel.

Die membrana capsulo-pupillaris und der Glaskörper.

Die Entwicklung der von Henle genau beschriebenen gefässreichen Kapsel der Linse ist bis jetzt wie Kölliker bemerkt (Entwicklungsgeschichte, S. 296) kaum ins Auge gefasst worden. Gegen die Annahme von Schöler, dass die membrana pupillaris und capsulo-pupillaris der vordere Theil der chorioidea sei, hebt Kölliker hervor, dass der hintere Theil der gefässreichen Linsenkapsel mit den vorderen Theilen eins ist und desshalb nicht auf die chorioidea zurückgeführt werden kann. Kölliker stellt dem gegenüber die Vermuthung auf, dass die gefässreiche Kapsel der cutis entspreche, welche bei der Bildung der Linse mit einem Theile der epidermis von der Haut sich ablöse und in das Auge gerathe. Der Glaskörper könne dann als modificirtes subcutanes

Bindegewebe aufgefasst werden, womit seine Beschaffenheit bei Embryonen nicht übel stimme. Kölliker hebt nun selbst hervor, dass selbst gewisse Thatsachen hiergegen zu sprechen scheinen, und zwar besonders die, dass nach Remack's Angabe beim Hühnchen die primitive Augenblase einzig und allein vom Hornblatte bedeckt ist. Kessler fand auch bei Säugethieren und zwar beim Hund und beim Schaaf, dass das Hornblatt den primitiven Augenblasen unmittelbar anliegt und die Kopfplatten, durch welche überall sonst das Hornblatt vom Hirnrohr getrennt ist, im Bereich der Augenblase unterbrochen sind. Die Einstülpung der Augenblasen gehe vielmehr so früh vor sich, dass sie mit dem Hornblatt in Berührung stehen, ehe noch die Kopfplatten Zeit gehabt haben, dazwischen zu wuchern. Es fehle mithin für die Miteinstülpung einer Cutislage auch hier wie beim Vogel das Material. Im Uebrigen scheint nun bei Kessler die Sache so zu liegen: „die Gefässe auf der Aussenfläche der Linsenkapsel verdanken ihre Entstehung derselben embryonalen Gefässanlage, aus der die arteria centralis nervi optici und hyaloidea hervorgehen. Diesen Gefässstamm findet man zur Zeit der noch offenen Linsengrube von der Bauchfläche des Medullarrohrs an derselben Fläche des Augenblasenstieles lateralwärts ziehend.

In demselben Maass wie die Augenblase durch die Linse medial- und dorsalwärts eingestülpt wird, erhebt sich dieses Gefässstämmchen in das cavum der nach der Bauchstelle hin offenen secundären Augenblase, sowie in dem peripheren Theile des rinnenförmigen Augenblasenstieles; letzterer Theil des Gefässes wird zur arteria centralis nervi optici, ersterer zur arteria hyaloidea. Von der hyaloidea aus entwickelt sich rasch an der medialen (hinteren) Linsenwand ein Gefässnetz, welches an der von der Augenblase nicht umfassten, ventralen Linsenpartie auch über den Aequator hinaus auf die vordere Linsenwand Zweige treibt."

Wenn jedoch weiterhin Kessler angiebt, dass diese wahrscheinlich nicht in ihrer ganzen Ausdehnung überzogen werde und sich dabei in seinen Erörterungen auf die von Kölliker (Entwicklungsgeschichte, *Fig. 146*) gegebene Abbildung von den Gefässen der vorderen Linsenwand stützt, so kann ich dem nicht zustimmen. Ich finde nämlich das Verhalten der Gefässe nicht allgemein so, wie es dort abgebildet ist, wonach sie in der Richtung der Meridiane nach dem vorderen Pol hin vordringen, ehe sie denselben aber ganz erreicht haben, umbiegen und nach dem Aequator zurücklaufen. Wie die beifolgende Abbildung zeigt (vergl. *Fig. 44*), ist vielmehr ein ganz ununterbrochenes Gefässnetz vorhanden, das aus den über den Aequator der Linse vordringenden Arterienästen besteht und den Venen, welche sich in die ringförmig verlaufenden Stämme der Iris-Anlage begeben. So sah ich es an den Augen von Rindsembryonen von $4^1/_2$ Zoll Länge und bei grössern, vielfach auch

bei den Embryonen vom Schaaf. Nur in einem Falle sah ich die von Kölliker abgebildete Art und Weise der Vertheilung; es hatte sich hier aber die Linse während der Beobachtung durch Verbreiterung der Strahlen des Linsensternes ausgedehnt und waren dabei die feinen Gefässe in der Umgegend des Poles unter den Augen zerrissen. Für Hund- und Katzenauge ist die Kölliker'sche Figur richtig.

Das mit diesen Gefässen zusammenhängende Bindegewebe steht in folgenden Stellen mit dem Gewebe der Kopfplatten in Verbindung. Erstens durch die Chorioidalspalte und zweitens an den vorderen Rändern der secundären Augenblase mit der Anlage der Gefässhaut der chorioidea.

Ich gehe in der Beschreibung der sogenanuten gefässreichen Linsenkapsel von einem Entwicklungszustand des Auges aus, wo die Hornhaut schon von der Pupillarmembran vollständig getrennt ist und die Linsenfasern mit ihren vordern Enden längst die Epithelschicht erreicht haben.

Das in *Fig. 32* abgebildete Präparat rührt von dem Auge eines Schaafembryo her. Das vordere Blatt der secundären Augenblase ist noch radiär gestreift und eine Schichtung noch nicht wahrzunehmen; das hintere ist vollständig pigmentirt und liegt dem vordern eng an.

Sclerotica und chorioidea sind noch nicht geschieden, nur setzt sich bereits ein gefässhaltiger Theil der Anlagen blos durch seine Gefässe gegen den übrigen ab; dieser geht vorn an dem Rand der secundären Augenblase mit der gefässhaltigen Linsenkapsel zusammen, so dass nicht bloss die Linse, sondern auch die secundäre Augenblase von einem Gefässnetz rings umfasst wird. Vorn bei *a* verläuft ein grösseres ringförmiges Gefäss, das am Querschnitt sichtbar ist. Der noch äusserst flache Glaskörper besteht aus einem zellenreichen ganz von Gefässen durchzogenen gallertigen Gewebe, das gegen die Linse hin eine zarte festere Grenzschicht, die Linsenkapsel, besitzt und erstreckt sich nach vorn bis zur Pupillarmembran heran, so dass diese als eine unmittelbare Fortsetzung der Anlage des Gefässstratums der chorioidea und zugleich des Glaskörpers erscheint.

In *Fig. 33*, zu der das Präparat von einem etwas jüngern Embryo herrührt, ist die cornea noch nicht von der Pupillarmembran getrennt, sondern noch die für beide gemeinsame Anlage vorhanden. Die vordern Ränder der Linsenfasern haben die Epithelschicht noch nicht erreicht und die Linse besitzt noch eine Höhle. Das Hornblatt ist bei der Präparation verloren gegangen. Der Glaskörper ist weit schmaler als im vorigen Präparat und läuft, sich etwas verdickend, bei *a* in das Gewebe der Kopfplatten vor der Linse aus. In diesem ist die Anlage des vordern Theiles der Linsenkapsel, die Anlage der Pupillarmembran

und der eigentlichen Hornhautsubstanz gegeben. *Fig. 52* bezieht sich auf einen noch früheren Zustand. Der Durchschnitt ist von einem Schweinembryo von 11 Mm. im Längsdurchmesser genommen und zugleich durch den Sehnerven bei *a* gefallen. Die Höhle der Linse ist noch gross, die Kernzone liegt weit zurück. Das hintere Blatt der secundären Augenblase *b* liegt dem vordern *c* nicht fest an. Das Gewebe der Kofplatten *d* zeigt noch keine Spur einer Differenzirung und erstreckt sich in dicker Lage vor die Linse hinweg. Bei *f* senkt es sich in den Zwischenraum zwischen Linse und secundärer Augenblase hinein, bildet hier die Anlage für den Glaskörper und Kapselmembran. Die limitans ist von der vordern Wand der secundären Augenblase abgelöst und dem Glaskörper gefolgt. Bei *g* setzt sich die ganze Anlage durch die Augenblasenspalte mit dem Gewebe der Kopfplatten in Verbindung und folgt dem Lauf der arteria hyaloidea nach rückwärts. Das Hornblatt *h* hat sich zu einem grossen Theil von dem Gewebe des mittleren Blattes abgehoben. Eine zellen- und kernlose Linsenkapsel ist noch nicht da, sondern sowohl vor als hinter der Linse ist nur eine äusserst zarte Grenzschicht im Gewebe der Kopfplatten wahrzunehmen, wie sie auch gegen das Hornblatt dieselben abgrenzt.

Es kann gegenwärtig nur noch die Frage sein, ob das Gewebe des Glaskörpers ausschliesslich mit der Linse zugleich eingestülpt wird, oder ob es auch später noch zugleich durch die Chorioidalspalte hereinwächst; sobald beim Säugethierembryo die Linse abgeschnürt ist, so steht es wenigstens in den von mir gesehenen zahlreichen Fällen sowohl durch die Chorioidalspalte mit dem sie umgebenden Gewebe der Kopfplatten im Zusammenhang, als auch zugleich mit den vor der Linse gelegenen Anlagen.

An den Durchschnitten eines Auges von einem etwas grösseren Schaafembryo ist diese zu den Seiten und hinter der Linse befindliche Gewebslage etwas stärker. Es ist aber doch der ganze Glaskörperraum unverhältnissmässig kleiner als der vom Vogelembryo aus derselben Zeit der Entwicklung. Die Abbildung *Fig. 33* deutet die Grössenverhältnisse an. Bei Anwendung eines starken Objectivs erkennt man an einem solchen Präparat, wo sich die ganze Anlage sowohl von der vordern Wand der secundären Augenblase wie auch von der hintern Wand der Linse abgehoben hat, dass das zellenreiche Gewebe von dem Aussehen des Gewebes der Kopfplatten an der vordern und hintern Fläche eine zarte Grenzschicht besitzt. Die hintere ist von der Netzhaut unter Verschiebung ihrer Elemente abgehoben und wird zu Henle's limitans hyaloidea; die vordere Grenzschicht verdickt sich fortan mehr und mehr und wird zur Linsenkapsel; es ist gar nicht verständlich,

wie die zu dieser Zeit schon so lang ausgewachsenen Linsenfasern, dass sie das vordere Epithel erreichen, noch fortdauernd mit ihren hintern Enden eine Membran für die Linse ausbilden sollen. Ueberdies sieht man auch hier, wie ich das schon oben angab, dass die Linsenfasern sich nach vorn gegen die Höhle der Linse hin gerade so scharf abgrenzen, wie dies hier hinten der Fall ist. Es kann sonach keinem Zweifel unterliegen, dass die Linsenkapsel gerade so wie der Glaskörper ein Erzeugniss der Kopfplatten ist. Sie wird nun ganz von Gefässen umsponnen, von den Zweigen der arteria hyaloidea. Die Glaskörpersubstanz ist noch in spätern Stadien der Entwicklung ganz von Zellkörpern durchsetzt.

Für die spätern Zustände des Glaskörpers wiederhole ich hier, was ich in den Sitzungsberichten der Marburger naturforschenden Gesellschaft (December 1871) bereits ausgeführt habe.

Die nächste Veränderung ist nun die, dass an der Oberfläche des Glaskörpers die zonula hinter dem Aequator der Linse erscheint. Iwanoff giebt an, dass diese erst dann sichtbar wird, wenn die capsulopupillarmembran sich zurückbildet. Nach meinen Beobachtungen ist sie bei Augen, die noch nicht die Hälfte der Grösse derer des neugeborenen Thieres (Schaaf, Kalb) erreichen, in ihrer definitiven Gestalt zu erkennen. (Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. Herausgegeben von S. Stricker, S. 1071.)

Um sich hiervon zu überzeugen, darf man an einem Auge nur den Glaskörper nebst Linse herausnehmen und alsdann die Linse entfernen, indem man ihre Kapsel vorn eröffnet. Das frische oder in Müller'scher Flüssigkeit aufbewahrte Präparat zeigt dann von der Linsenkapsel aus betrachtet Folgendes: Der Rand der Kapsel erscheint rings umgeben von Gefässen, welche von der hintern auf die vordere Fläche übertreten. An den Stellen, wo die processus ciliares nebst der pars ciliaris retinae vollständig entfernt sind, sieht man in den Meridianen Büschel von feinen Fasern, welche den Thälern zwischen den Ciliarfortsätzen entsprechen und diese ausfüllen; aber auch zwischen diesen Büscheln ziehen in dünner Lage ebensolche feingestreifte Massen hin und würden diese auf den Höhen der Ciliarfortsätze gelegen haben. Im Innern des gestreiften Gewebes liegen zahlreiche Zellkörper von dem Aussehen, wie sie sonst im embryonalen Glaskörper späterer Zeit vorkommen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass dies die zonula ist. Bei oberflächlicher Einstellung sieht man nun die Streifen auf die vordere Linsenkapselfläche zugleich mit den Gefässen hinziehen; bei tieferer hingegen nimmt man wahr, wie ein grosser Theil auf die hintere Fläche der Kapsel sich begiebt; man nimmt auch häufig die in die Tiefe laufenden Fäden im Querschnitt als Punkte wahr, welche

bei verändertem Focalabstand dem Blicke nicht entschwinden; sie sind in eine homogene Substanz eingebettet. Während so die Fäden an der vordern und hintern Linsenkapsel sich verlieren, wie dies Merkel für das ausgebildete Auge näher beschrieben hat (die zonula ciliaris. 1870), lassen sie sich rückwärts bis in das Bereich des von H. Müller genauer beschriebenen feinmaschigen Gefässnetzes der embryonalen retina verfolgen. In den Lücken des Netzwerkes von Gefässen finden sich sternförmige kernhaltige Zellen, deren Ausläufer vielfach zu anastomosiren scheinen, also hierin ganz abweichen von den in den peripherischen Theilen des Glaskörpers selbst auftretenden Zellen, vorausgesetzt, dass letztere nicht schon im Zerfall begriffen sind. Wo Theile des engmaschigen Gefässnetzes bei der Präparation vom Glaskörper losgerissen sind, bleiben in den Lücken feinkörnige Belegmassen in äusserst feiner Lage zurück in Form von wenig von einander abstehenden Platten. Da die hellen Zwischenräume zwischen den Platten ziemlich regelmässig auftreten, so könnte man glauben, ein Plattenepithel vor sich zu haben, zumal von den sternförmigen Zellen häufig Theile, auch die Kerne darin zurückbleiben. Bisweilen sieht man auch die feinkörnigen Platten auf die Kante gestellt und kann dann nicht darüber in Zweifel sein, dass sie einer homogenen Grenzschicht anhaften, welche der Oberfläche des Glaskörpers angehört, da diese auch über die helle Lücke zwischen den Platten hinwegzieht. Unterhalb der Platten erscheinen in der durchsichtigen Glaskörpersubstanz selbst zahlreiche Zellen.

Das Gefässnetz lässt sich aber auch so von der Oberfläche des Glaskörpers abheben, dass auch die scheinbare Epithelschicht und die Zellen mit den Ausläufern gänzlich entfernt werden, oder nur vereinzelt zurückbleiben. An dem Auge eines etwa $4^1/_2$zölligen Rindsembryo war die charakteristische Streifung der zonula wenigstens im Bereich des corpus ciliare schon vollkommen deutlich.

In der Substanz des Glaskörpers selbst sind in den spätern Stadien die Zellen nur noch peripherisch zahlreich, im Innern dagegen vereinzelt. Faserzüge irgend welcher Art wurden bisher von mir in derselben nicht gefunden, wenn das Auge nicht sehr lange in Müller'scher Flüssigkeit gelegen hatte. Andere Medien riefen dagegen vielfach die Erscheinung von Fasern hervor, so namentlich Alkohol und Chromsäure. Ueberhaupt ist ein grosser Theil der Erscheinungen, welche sich bei der Behandlung mit Reagentien, essigsaurem Blei, salpetersaurem Silber u. s. w. darbieten, auf die Flüssigkeit zurückzuführen, welche die Gallertsubstanz durchtränkt. Durch Diffusion lässt sie sich davon trennen. Wenn man frische Glaskörper embryonale sowohl wie ausgebildete in eine grosse Quantität destillirten Wassers legt und

dasselbe so oft erneuert, wie noch durch essigsaures Blei Niederschläge darin entstehen, so bleibt schliesslich die Gallertsubstanz anscheinend unverändert zurück, sie ist noch völlig durchsichtig und hat auch an Volumen Nichts verloren. Aber sie bleibt jetzt durchsichtig auf Zusatz von Alkohol und den Reagentien, welche sie sonst sofort undurchsichtig machen; ist noch etwas der sie durchtränkenden Substanzen zurückgeblieben, so entstehen nur leichte Trübungen; salpetersaures Silber z. B. lässt solchen Glaskörper allmählich durchscheinend werden, mit weisslicher und allmählich bräunlich werdender Trübung. Auf Zusatz von absolutem Alkohol in grosser Quantität wird die rein ausgewaschene Gallerte eines ganzen Glaskörpers eines Kalbsauges zu einer Membran zusammengezogen, welche noch ganz durchsichtig ist und auf Zusatz von Wasser wieder aufquillt, und der ursprünglichen Glaskörpersubstanz im Aussehen gleicht. Die in das Wasser diffundirende Flüssigkeit verhält sich ebenso, wie diejenige, welche durch Filtration sich aus dem Gewebe ohne Erhaltung desselben gewinnen lässt.

Membrana limitans hyaloidea.

Doncan untersuchte den frischen Glaskörper so, dass er den unversehrten und nur mit der Linse versehenen Glaskörper ohne Weiteres unter das Mikroskop brachte; auch C. O. Weber (Ueber den Bau des Glaskörpers u. s. w. Virchow's Archiv XIX, S. 367) bediente sich dieser Untersuchungsmethode. Ich löste noch überdies die Linse aus ihrer Kapsel durch einen Einschnitt heraus und verwandte nahezu oder ganz ausgetragene Embryonen vom Schaaf, Schwein, Rind und die Augen des neugeborenen Kindes.

An der hinteren Fläche nimmt man nur die sich in äusserst feine Falten hier und da legende Grenzschicht und unter ihr die bekannten Zellen des Glaskörpers in oberflächlichen Schichten wahr. Die Formen der Zellen sind ausserordentlich verschieden. Iwanoff theilt sie beim ausgebildeten Glaskörper in drei Abtheilungen (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, S. 1076); erstens in runde Zellen mit grossen Kernen; letztere umgeben von grobkörnigem protoplasma; zweitens in spindel- und sternförmige mit varikosen Anschwellungen ihrer Ausläufer; drittens in eine besonders characteristische Form von runden Zellen, die im Innern eine grosse runde durchsichtige Blase,

und nur an der Peripherie eine geringe Menge protoplasma nebst dem davon umschlossenen Kern enthalten. Zuweilen sind zwei oder mehrere Blasen von einer gemeinschaftlichen Hülle umschlossen. Auch in den Ausläufern der sternförmigen Zellen können solche Blasen vorkommen.

In soweit die von Iwanoff hervorgehobenen Blasen in den lebenden Zellen vorkommen, sind es von Intracellular-Flüssigkeit erfüllte Vakuolen, welche ich in den verschiedensten Formen der Bindesubstanzkörper und anderen Zellen vielfach beobachtet und in meiner Arbeit über die Bewegungserscheinungen der Zellen beschrieben habe. Der Nachweis, dass der Inhalt der Vakuolen eine leicht flüssige Substanz ist, lässt sich dadurch führen, dass hier und da darin vorkommende feinste Körnchen sich in Molekularbewegung befinden. Da übrigens, wie Iwanoff hervorhebt, die Zellen des Glaskörpers Gestaltveränderungen zeigen, so liegt die Annahme nahe, dass die verschiedenen Formen keine wesentliche Bedeutung haben.

Bei tiefer Einstellung nimmt man in der durchsichtigen Glaskörper-Substanz des Auges der Säugethiere hin und wieder Reste der arteria hyaloidea wahr. In dem Glaskörper vom Kalb fand ich das ganze Gefäss mit seinen Verzweigungen auf der Linsenkapsel zuweilen noch vollständig erhalten und hier und da von Blutkörpern angefüllt. In anderen Fällen waren nur grössere oder kleinere Stücke von Gefässen sichtbar und in stärkere und schwächere Fasern an ihren Enden aufgelöst. Solche Fasern fanden sich auch vereinzelt in der Glaskörpersubstanz vor und liessen durch ihre Aehnlichkeit mit den ersteren ihre Herkunft erkennen. Bisweilen waren sie auch an einzelnen Stellen in feinste Körnchen zerfallen und neben ihnen noch Reste der Zellen sichtbar.

Auf der vorderen Fläche des Glaskörpers ist die Gegend der zonula dann klar zu beobachten, wenn zufällig irgend wo die Zellen der pars ciliaris retinae und des Pigmentblattes entfernt sind, was sich auch mit Hülfe eines Pinsels vervollständigen lässt. Es fallen sogleich die hier in grösserer Zahl als anderswo im Glaskörper vorhandenen Zellen auf, welche sich ziemlich weit in die Substanz desselben hinein erstrecken. Schwalbe hat dies neuerdings in seiner Habilitationsschrift de canali petiti et de zonula ciliari genauer dargelegt. Wie Merkel bemerkt, sind dies die bekannten von Henle genauer beschriebenen (Handbuch der systematischen Anatomie, S. 674) kugeligen Körperchen, welche sich allenthalben an der Oberfläche des Glaskörpers finden.

Die Ursprünge der Fasern der zonula sieht man von allen denjenigen Stellen aus gehen, welche von Merkel und Iwanoff genauer bezeichnet sind. Schon hinter der ora serrata nehmen sie ihren Anfang und werden weiter nach vorn immer zahlreicher. Sowohl von

den Firsten als von den Thälern zwischen ihnen, aus denen die Ciliarfortsätze herausgerissen sind, treten fortdauernd neue hinzu und ziehen in gerader Richtung nach vorwärts, um sich zu grösseren Bündeln zu vereinigen. Diese können zu homogenen Strängen werden, wie dies Schwalbe und Merkel angeben. Es ist auch richtig, dass die Zonula-Fasern nach ihrer Entstehung folgende verschiedene Wege verfolgen. Ein geringer Theil verliert sich bald im Innern des Glaskörpers, die meisten streben nach der Axe des Auges zu, einige, auf die Merkel besonders aufmerksam macht, biegen plötzlich unter einem rechten Winkel um und legen sich so, dass sie von dem einen Kamm zu dem nächsten eine breite Brücke bilden; es entsteht so ein circuläres Band, das beim Schaaf und Schwein besonders da hervortritt, wo sich die Ciliarfortsätze makroskopisch erheben. Beim Menschen gelang es mir nicht, diese circulären Fasern aufzufinden. Die Vordergrenze der zonula besteht zumeist aus den stärksten der starren zu homogenen Strängen verkitteten Faserbündel. Dieselben nehmen dann nach der Tiefe des Auges mehr und mehr ab, so dass die hintere Grenzschicht der zonula entweder ausschliesslich oder doch zum grössten Theile aus den ursprünglich feinen, Bindegewebsfibrillen nicht unähnlichen Fasern besteht. An ihrer Abgangsstelle von den Ciliarfortsätzen noch zu einem dichten Bündel verbunden, weichen sie fächerförmig auseinander und umgreifen den Linsenrand in weiter Ausdehnung, um sich bündelweise an der vorderen und hinteren Wand der Linsenkapsel zu inseriren. Dass dieses in Form von Büscheln geschehen kann, lässt sich dann besonders klar wahrnehmen, wenn man die Linse mit oder ohne Kapsel aus dem Glaskörper herauslöst und nun die fossa patellaris mit stärkerer Vergrösserung betrachtet, es erscheinen alsdann reihenweise gestellte kreisförmige Umgränzungen der einzelnen Bündel, oder auch Reihen von feinen Fasern.

Schon bei Anwendung des Objectivs Nr. 5 von Hartnack erscheinen im Bereiche der zonula vielfach feine Querstreifen (senkrecht zu den stärkeren Fasern) auch noch im Bereich der Ansätze der Fasern vorn auf der Linsenkapsel. Sie sind so auffällig, dass Heilberg meinte, eine dünne Lage quergestreifter Muskeln vor sich zu sehen. (Zur Anatomie und Physiologie der zonula Zinnii. Archiv für Ophthalmologie, Bd. 11, Abth. 3). Da sie nicht bloss über die Zonulafasern hinfortziehen, sondern auch die Lücken zwischen ihnen decken, so handelt es sich um eine sich von ihnen absetzende Grenzschicht des Glaskörpers. Sie lässt sich auch weiter rückwärts gegen die ora serrata der Netzhaut hin verfolgen und als Fortsetzung der limitans erkennen. Es bildet also beim menschlichen Auge nicht die Zonula einen Theil der hintern Wand der hintern Augenkammer, insoweit sie aus Fasern besteht, sondern

die homogene Grenzschicht des Glaskörpers und erst hinter dieser liegen die Fasern. Dies ist auch in völliger Uebereinstimmung mit dem Verhalten der Membran beim Embryo, wo man sie später über das Bereich des Glaskörpers hinaus vorn auf das corpus ciliare und auf die hintere Fläche der Iris übertreten und dann vorn in die Linsenkapsel sich verlieren sieht. Dass die quergestreiften Gebilde keine Muskeln sind, erwähnt schon F. E. Schultze (Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. III, S. 496) und G. Schwalbe stimmt ihm mit Recht darin bei (ebenda Bd. VI, S. 339); er fand, dass sie in allen Eigenschaften mit den aus der Vereinigung vieler Zonulafasern hervorgegangenen homogenen oder schwach längsgestreiften Balken übereinstimmen und sich schliesslich ganz in derselben Weise ausfasern wie jene. Was sie davon unterscheide, sei bloss die eigenthümliche matte Querstreifung, welche besonders an Präparaten aus Müller'scher Flüssigkeit deutlich werde. An solchen sehe man trübe Bänder von wechselnder Breite in querer Richtung die einzelnen Balken durchsetzen. Meist folgten diese Querbänder in regelmässigen Abständen auf einander, zuweilen seien sie unregelmässig vertheilt; nie seien sie aber von einem scharfen Contour begrenzt. Nach Anwendung von Essigsäure sah Schwalbe die Querstreifung undeutlich werden und endlich verschwinden, und bemerkt, dass er über ihre Natur leider nur wenig aussagen könne.

Ich muss ausdrücklich hervorheben, dass diese Querstreifung Nichts mit den von Merkel beschriebenen Querfasern der zonula zu thun hat, da ich sie fand, wo ich diese nicht sah, z. B. am Auge des Menschen und andrerseits beide Erscheinungen neben einander beobachtete, z. B. am Auge des Schweines. An dem Glaskörper eines Rindes, aus dessen fossa patellaris die Linse nebst ihrer Kapsel herausgerissen war, suchte ich mittels Hartnack's Objectiv Nr. 5 eine quergestreifte Stelle in der zonula auf und schnitt sie mittels einer auf die Fläche gebogenen Scheere aus. Mit einem scharfen Scalpell zerlegte ich das ausgeschnittene Stück in einzelne recht schmale und beobachtete diese nun mit der Immersionslinse. Hier lösten sich alle feinen Querstreifen in Falten der homogenen Substanz auf, welche auf und in der zonula liegt. Es legt sich also die Grenzschicht des Glaskörpers in der in Rede stehenden Gegend in äusserst feine Querfalten, senkrecht zu den Fasern der zonula, welche diese Faltung nicht annehmen.

Da die neuesten Untersuchungen von Schwalbe und Merkel über den Verlauf der Zonulafasern in ihren Resultaten nicht völlig übereinstimmen, so theile ich noch die Ergebnisse mit, welche ich vom Auge des Kindes nach Doncan's Methode der Beobachtung gewonnen habe. Ich löste die Linse aus ihrer Kapsel.

Schon hinter der ora serrata treten die ersten feinen Fasern in der Grenzschicht des Glaskörpers auf, innerhalb derselben kommen fortdauernd neue hinzu und laufen, sich hin und wieder unter spitzen Winkeln kreuzend, in den faltigen Theil der zonula hinein, der den Firsten und Thälern des corpus ciliare entspricht. Auf den Firsten wie in den Thälern der zonula fügen sich neue Fasern den alten hinzu und folgen allmählich deren Richtung gegen den Linsenrand hin. Viele von ihnen treten zu grössern, homogen erscheinenden Bündeln zusammen. Manche der Bündel lösen sich wieder in Fibrillen auf, bevor sie den Rand der Linsenkapsel erreichen und ziehen quer oder geneigt zu den andern weiter. Einzelne versenken sich in die Tiefe des Glaskörpers; auch ganze Bündel folgen ihnen hin und wieder.

Die dem Linsenrand sich nähernden Fasern und Bündel drängen sich immer dichter zusammen. Man sieht auch ganze Züge von Fasern in breiter Lage von der ora serrata her kommen und nach dem Linsenrand zu so convergiren, dass sie hier nur noch ein schmales Bündel bilden. Dies tritt namentlich dann hervor, wenn die auf den Firsten des corpus ciliare gelegenen bei der Entfernung des letztern weggerissen und nur die den Thälern entsprechenden übrig geblieben sind.

Am Linsenrand setzt sich schon ein grosser Theil der feinsten Fasern an; ein anderer Theil der feinen geht mit starken zusammen auf die vordere Wand der Linsenkapsel über und befestigt sich dort im Zickzack. Bei tieferer Einstellung des focus kommt hier die ganze Lage der starren Fäden zum Vorschein, welche an die hintere Kapselwand gehen und sich hier inseriren. Brücke, welcher die zonula als gefaltete Membran ansah, hebt mit Recht schon diese Insertionsweise hervor, und kann ich in diesem Punkte Schwalbe nicht zustimmen, welcher die zackige Insertionslinie der zonula wie Brücke beschreibt, aber behauptet, dass die tiefsten Ansatzstellen nicht nach hinten über den Linsenrand hinausgehen, sondern höchstens mit diesem zusammenfallen. Die Existenz der Fasern an der hintern Seite der Linsenkapsel hebt schon Henle hervor und Merkel bestätigt sie. Kreuzungen der starken Fasern finden auch am Linsenrand noch Statt und zwar unter sehr spitzen Winkeln.

Die oben besprochene Querstreifung kommt auch hier vor. Zum Nachweis, dass die Fasern der zonula aussen mit einer strukturlosen Grenzschicht zusammenhängen, wurde der Glaskörper nebst der Linsenkapsel von dem Auge eines Kindes in eine flache Glasschale mit wenig Müller'scher Flüssigkeit gelegt, worin er sich nach einigen Tagen zu einer Scheibe abflachte; er wurde nun mit einer Scheere nebst der Linsenkapsel halbirt. Aus dem einen Stück wurden feine, meridionale

Schnitte mittels eines Scalpells angefertigt; an diesen liess sich aussen von den Fasern ein dünner strukturloser Streifen wahrnehmen und auf's Genaueste die feine Fibrillenlage auf der hintern Kapselwand erkennen. Senkrecht zu dieser Richtung wurde das andere Stück in Streifen geschnitten und der zwischen Linsenrand und dem andern Ende des corpus ciliare gelegene Theil besonders berücksichtigt. Hier zeigte sich auf der Glaskörpersubstanz die Schicht der Zonulafasern schon bei schwächerer Vergrösserung als eine Reihe von Punkten, welche bei veränderter Focaleinstellung nicht verschwanden und der strukturlosen Grenzschicht dicht anlagen.

Es folgt also die Grenzschicht des Glaskörpers in ihrem Verlauf schliesslich nicht der aus der secundären Augenblase hervorgegangenen Pigmentlage der Iris und kann folglich nicht identisch sein mit derjenigen Grenzschicht, welche dieser eigenthümlich ist von der ersten Zeit ihrer Entstehung an.

Was man als Grenzschicht der secundären Augenblase oder auch schon an der primären wahrnimmt, ist nichts Besonderes für sich Darstellbares, sondern rührt wie beim Centralnervensystem in seiner ersten Anlage nur von den Zellen selbst her, die so dicht bei einander und so regelmässig angeordnet stehen, dass sie an ihrer Oberfläche den Schein einer membranösen Abgrenzung darbieten. Auch für die pars ciliaris retinae gilt dies noch am völlig entwickelten Auge, wenn nur die Grenzschicht des Glaskörpers sich glücklich losgelöst hat, ohne dass die Zellen verschoben werden; für solche scheinbaren Grenzmembranen bietet die Höhle der embryonalen Linse ein ausgezeichnetes Beispiel, welche in ihren verschiedensten Gestalten eine so scharfe Abgrenzung der Zellen und der aus ihnen hervorgehenden Fasern zeigt, dass man mit demselben Recht auch hier eine limitans annehmen könnte, was freilich bisher von Niemand geschehen ist. Es lässt sich auch durch die ganze Entwicklung des Glaskörpers hindurch verfolgen, wie seine Grenzschicht fortdauernden Veränderungen unterliegt, indem sie immer stärker wird, während die scheinbare Grenzschicht der secundären Augenblase noch lange unverändert bleibt. Nur dadurch ändert sie später ihr Verhalten, dass im Bereich der eigentlichen Netzhaut die Müller'schen Fasern in ihren Füsschen immer breiter werden und auf diese Weise ein festerer Zusammenhang zwischen dieser und der Grenzschicht des Glaskörpers zu Stande kommt.

Ich stimme deshalb mit Henle, Iwanoff und Merkel vollkommen überein, wenn sie die limitans hyaloidea als eine einzige Membran ansehen.

Damit ist nun freilich die Frage noch nicht beantwortet, ob die limitans hyaloidea ein integrirender Bestandtheil der Netzhaut ist.

Nach der Ansicht von Iwanoff (Handbuch der Lehre von den Geweben. Herausgegeben von Stricker, S. 1072) beweisen dies am klarsten im Glaskörper vor sich gehende pathologische Processe, in Folge deren letzterer schrumpft und von der Netzhaut abgelöst wird.

Es ist aber nicht abzusehen, warum nicht Theile des Glaskörpers in der Umgebung seiner Grenzschicht so schrumpfen können, dass diese von den einwärts liegenden Theilen losgelöst wird und alsdann an der Netzhaut hängen bleibt.

Aus der Entwicklungsgeschichte lässt sich auch nicht der geringste Grund dafür entnehmen, dass die membrana limitans hyaloidea ein Product der secundären Augenblase ist. Wenn der Glaskörper des Säugethierembryo noch aus einer membranartigen zellenhaltigen Lage besteht, so erblickt man an mikroskopischen Durchschnitten, wie früher erwähnt ist, zwei Grenzschichten, eine gegen die Linse und eine gegen die Netzhaut. Die erstere entwickelt sich zum hintern Theil der Linsenkapsel; die letztere sieht man allmählich zur limitans hyaloidea werden. Eine Grenzschicht an der vordern Fläche der secundären Augenblase ist an solchen Präparaten häufig nicht sichtbar, die Zellen werden leicht in ihrer Lage verrückt; geschieht dies einmal nicht, so ist eine glatte Abgrenzung der Zellschicht da, wie sie auch sonst bei dicht gedrängt stehenden Zellen vorkommt, ohne dass man dadurch gerade zur Annahme einer besondern Grenzmembran sich genöthigt sieht.

Wenn der Kamm in dem Auge des Vogelembryo in den Glaskörper einschneidet, so verlässt die limitans hyaloidea die Netzhaut und folgt dem Kamm. Sie bildet alsdann nicht die Grenzschicht zwischen Netzhaut und Glaskörper, sondern zwischen dem Glaskörper und dem Kamm. Es durchschneidet also der Kamm wohl die secundäre Augenblase, aber nicht die limitans hyaloidea.

Nach dem Schluss des dem corpus ciliare zugewendeten Endes der Kammspalte verläuft ein Gefäss zwischen limitans und Netzhaut. Die Netzhaut hat dann immer noch eine scharfe Abgrenzung durch die eigentliche Art des Zusammenhanges ihrer Zellen. Will man diese Erscheinung als eine limitans auffassen, so lässt sich dagegen auch nichts sagen; aber es handelt sich dann nicht um die auffallende Grenzmembran, die auf Durchschnitten des Auges zwischen Glaskörper und Netzhaut hervortritt.

Wie Niemand bezweifelt, steht das Gewebe der Kopfplatten durch die Augenblasenspalte mit dem Glaskörper im Zusammenhang, auch bezweifelt Niemand, dass letzterer ein Product des mittleren Blattes ist. Da nun auch in der nachembryonalen Zeit in der Gefässspalte dieser Zusammenhang erhalten bleibt, so ist hier die Gelegenheit ge-

geben, die limitans hyaloidea als eine Fortsetzung des vom mittlern Keimblatt abstammenden Gewebes direct wahrzunehmen.

Es soll jedoch nicht gesagt werden, dass Alles, was später sonst noch an der limitans hyaloidea auftritt, auch von dem Glaskörper erzeugt wird. So können die alveolären Vorsprünge auf ihrer der pars ciliaris retinae zugekehrten Fläche, welche die Zellen derselben aufnehmen, sehr wohl auch von diesen herrühren. Ebensowenig will ich behaupten, dass, wenn auch die dem Glaskörper genetisch zugehörige Grenzschicht vorn auf der Linsenkapsel zu Ende geht, nicht auf der hintern Fläche der Iris eine deutlicher auftretende Grenzschicht, ein Erzeugniss der secundären Augenblase, vorkommen könne, welche H. Müller, Brücke, Schwalbe und andere Forscher übereinstimmend beschreiben.

Iris und corpus ciliare.

Nachdem Kessler in seiner Dissertation abweichend von den früheren Angaben, wonach das hinter der Iris liegende Pigment aus dem vordern Blatt der secundären Augenblase nebst pars ciliaris retinae und der eigentlichen Netzhaut hervorgeht, (Max Schultze die Retina. In Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben S. 1033) dargethan hat, dass die Iris und Ciliarfortsätze durch die Betheiligung zweier Keimblätter gebildet werden, des oberen und des mittleren, das heisst der aus der Medullarplatte stammenden beiden Blätter der secundären Augenblase einerseits und der Kopfplatten anderseits, erklärt er, dass diese Entstehung berechtige, für die genannten Gebilde eine selbstständigere Stellung zu beanspruchen, als ihnen bisher angewiesen zu werden pflegte. Hensen sagt, dass corpus ciliare und Iris von der chorioidea aus gebildet werden (Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. II. Tabelle zu S. 423). Kölliker (Gewebelehre, S. 659) bezeichnet die iris als vorderen Abschnitt der Gefässhaut; Henle (Eingeweidelehre, S. 578) als vorderen Theil der mittleren Augenhaut und die processus ciliares als ansehnlich verdickten Theil der chorioidea.

Nach ihrer Art der Entstehung sind sie offenbar mehr, sagt Kessler; sie treten durch die Betheiligung der beiden Lamellen der secundären Augenblase in ebenso nahe Beziehung zur retina, wie durch die Betheiligung der Kopfplatten zur chorioidea; und fasst man, fährt Kessler

fort, die Art des Hervorwachsens der Iris und processus ciliares darauf hin genauer ins Auge, so wird man kaum verkennen, dass ihre Entwicklung in erster Linie sogar von der Augenblase ausgeht, und dass die Wachsthums-Verhältnisse in dieser, namentlich die Differenzirung in der inneren Lamelle den Impuls zu ihrer Entstehung geben. Durch die mit der Verdünnung gleichzeitige Flächen-Verbreitung des vorderen Abschnittes der Augenblase wird der vordere freie Rand nach dem vorderen Augenpol zu vorgeschoben; die ihr zunächst anliegende Schicht des mittleren Keimblattes wird nachgezogen und dadurch von der Hauptmasse der Kopfplatten abgespalten. Mag sie es nun sein, welche durch ihren Zusammenhang mit dem hinter ihr liegenden Theil der inneren Schicht der Kopfplatten (der Anlage der chorioidea) der noch weiteren Vorschiebung des Augenblasenrandes als hemmender Zügel entgegenwirkt, oder liegt das Hinderniss in der Anstemmung des Umschlagrandes an die Linse — die Flächenverbreiterung schafft sich durch Faltenbildung Raum und giebt so wiederum den Anstoss zur Entstehung eines zweiten Gebildes, der processus ciliares; die Kopfplatten gehen nur in die Falten ein.

Wenn nun Kessler selbst sagt, strikt beweisen könne er diesen Causalzusammenhang freilich nicht, so muss ich hinzufügen, dass die Thatsachen, welche für das Auge des Säugethier-Embryo vorliegen, auch nicht einmal einen solchen Zusammenhang annehmbar erscheinen lassen.

Erstens finde ich an keinem der mir von Augen des Schaafes oder Rindes vorliegenden Querschnitte, dass der vordere Rand der secundären Augenblase an den grössten Umfang der Linse in der Art anstösst, dass dadurch eine Hemmung ihres Wachsthums hervorgehen könnte. Es ragt vielmehr der vordere Rand der Augenblase frei zwischen Linsenumfang und Kopfplatten nach vorn vor und füllt den Zwischenraum zwischen der gefässhaltigen Glaskörperanlage und der Anlage des stratum vasculosum der chorioidea aus und stösst nach vorn an die Vereinigungsstelle beider an; vergleiche *Fig. 52*, *Fig. 32* und *Fig. 33*.

Zweitens lässt sich auch nicht behaupten, dass die dem vorderen Abschnitt der Augenblase zunächst anliegende Schicht von der Augenblase nachgezogen werde. An den Durchschnitten des Auges eines Rindsembryo von 113 Mm. Länge und an einem anderen vom Schaaf von 83 Mm. Länge reicht das Gewebe der Kopfplatten, insoweit es sich bei der Bildung der processus ciliares und der iris betheiligt, weiter nach vorn als der vordere Rand der secundären Augenblase, kann also von diesem nicht nachgezogen werden. Man erkennt diese Stelle leicht heraus in dem peripherischen Theil der Pupillarmembran, indem eine

erhebliche Verdickung derselben auftritt. Ueberdies kennzeichnet sich bisweilen das bei der Bildung der processus ciliares und der iris sich betheiligende Gewebe der Kopfplatten bei manchen Säugethieren schon früh durch das Auftreten der sternförmigen Pigmentzellen, welche hier vorn äusserst zahlreich erscheinen und sich in die Pupillarmembran weiter gegen den Augenpol fortsetzen, als der vordere Rand der secundären Augenblase reicht, z. B. bei einigen Schaafembryonen. Bei neugeborenen schwarzen Kaninchen erstreckte sich die Pigmentirung der Pupillarmembran noch eine Strecke weit über den Pupillarrand der iris hinaus. Vergl. *Fig. 49.*

Wenn ich nun auch darin mit Kessler vollständig übereinstimme, dass bei der Bildung der Ciliarfortsätze und iris der Vögel sich beide Blätter der secundären Augenblase betheiligen, so lässt sich dies doch nicht in derselben Weise für die Augen der von mir untersuchten Säugethiere feststellen. An dem Auge eines Schaafembryo von ungefähr 60 Mm. Länge ist das dünnere pigmentirte Blatt von dem vorderen noch zu unterscheiden bis an den Rand der secundären Augenblase *Fig. 46.* Bei den Durchschnitten von dem Auge eines Schweinembryo, wo die iris bereits eine erhebliche Länge besass, *Fig. 47*, liessen sich jedoch nur bis an die Wurzel derselben die zwei Blätter der secundären Augenblase noch erkennen. Im Bereich der iris hingegen war dies nicht mehr möglich und ist es mir auch in späteren Stadien der Entwicklung und auch nicht beim ausgebildeten Auge gelungen, zwei Lagen von Pigmentzellen aufzufinden, deren Existenz Kessler für das Säugethier voraus sagt. Wo die zwei Blätter bei jüngeren Embryonen überhaupt nicht mehr im Bereich der iris zu unterscheiden sind, muss man den Thatbestand wohl so ausdrücken, dass das Zellenmaterial des vorderen Randes der secundären Augenblase als eine einfache Lage pigmentirter Zellen weiter wuchert, welche sowohl aus dem vorderen wie aus dem hinteren Blatt der secundären Augenblase abstammen, und in einem gewissen Stadium der Entwicklung sieht man in der That, wie die pigmentirte Zellenlage sich von dem noch unterscheidbaren hinteren Blatt auf die Umbiegungsstelle des vorderen fortsetzt.

Bei den Augen anderer Säugethiere, z. B. Ratten, Meerschweinchen, lassen sich die beiden Zelllagen der secundären Augenblase auch noch in späterer Zeit bis über die Wurzel der iris hinaus unterscheiden, aber weiterhin gegen den Pupillarrand nicht mehr.

Da nun an den Augen der Säugethierembryonen schon in früher Zeit, wo eben der Ciliarkörper und die iris sich bilden, dies in der Fortsetzung des stratum vasculosum der chorioidea geschieht und in späterer Zeit die Pigmentlage im Verhältniss zum stratum vasculosum

doch nur einen geringen Theil des Organs ausmacht, so sehe ich keinen Grund, den oben angeführten Angaben von Hensen, Henle und Kölliker entgegenzutreten.

Der Sehnerv.

Was bisher über die Bildung des Sehnerven ausgesprochen ist, findet viel mehr Anwendung auf das Auge des Säugethieres, als auf das des Vogels.

Dieselbe Einstülpung, heisst es in Kölliker's Entwicklungsgeschichte, S. 283, wie die primitive Augenblase, scheint nun nach Huschke's Entdeckung der Sehnerv zu erleiden. Ursprünglich ist derselbe hohl und führt in die Höhlung der primitiven Blase. Dann aber legt sich die untere Wand desselben an die obere, der Nerv wird platt und krümmt sich zugleich so, dass er eine nach unten offene Halbrinne bildet, welche in die Höhle der secundären Augenblase ausläuft. Endlich schliesst sich die Rinne und der Nerv wird wieder cylindrisch. Huschke hat nun freilich nicht angegeben, wodurch diese Umwandlung des primitiven Sehnerven bewirkt werde, und ebensowenig hat Schöler über diese Verhältnisse Mittheilungen gemacht. Wenn man jedoch bedenkt, dass der Sehnerv die vasa centralia retinae enthält, so wie dass die vasa hyaloidea der Embryonen die unmittelbare Fortsetzung derselben sind, so kann wohl kaum bezweifelt werden, dass dieselbe Cutiswucherung, die die primitive Augenblase einstülpt und zur Bildung des Glaskörpers führt, auch noch am Sehnerven sich findet, denselben ebenfalls einstülpt und hier in den gefässhaltigen Bindegewebsstrang im Innern sich umwandelt, wie sich dies in der That nach der eben vorhin gemachten Mittheilung auch beim Hühnchen beobachten lässt. Bei dieser Auffassung wird es denn auch begreiflich, dass, obschon der Sehnerv ursprünglich mit der hintern Wand der primitiven Augenblase in Verbindung steht, derselbe später doch mit der innern, d. h. vordern Lamelle der secundären Augenblase in Vereinigung gefunden wird.

Auf die Entwicklung des Vogelauges kann, wie oben dargethan wurde, der ganze Vorgang der Einstülpung für die centralis retinae keine Anwendung finden, weil hier überhaupt keine solche Arterie existirt. In der That findet sich auch am Sehnerven zu keiner Zeit

hier eine solche Rinne. Wenn die Einstülpung der Linse eben beendigt ist, und kurz zuvor, wo die Eintrittsstelle des Sehnerven ins Gehirn noch eine lange Spalte bildet, ist da, wo die Augenblasenspalte entsteht, eine leichte Einbuchtung, welche man unrichtiger Weise sich auf die dahinter liegende untere Fläche des Nerven fortsetzen liess. In dieser ganzen Gegend setzt sich stets der Sehnerv auf das vordere Blatt der secundären Augenblase fort und dieser Zusammenhang wird niemals aufgehoben. Später wird von der Gegend der sich bildenden Augenblasenspalte aus erst die Linse umwachsen, während sie im Uebrigen schon vorher von der secundären Augenblase umfasst war. Während aber die Erhebung für die Bildung der Augenblasenspalte an einer Stelle nicht eintritt, geht hier, also auf dem Boden der Augenblasenspalte, stets der Sehnerv direct in die vordere Wand der secundären Augenblase über; aber nicht allein hier, sondern auch zugleich innerhalb der ganzen Höhe der Spalte selbst, da diese fortdauernd von dem innern Blatt der secundären Augenblase begrenzt bleibt, da, wo dieses in das äussere übergeht. Sobald die Fasern im Sehnerven auftreten, sieht man sie auch durch die Spalte in die Netzhautanlage gelangen.

Es ist also die Angabe, dass der Sehnerv ursprünglich nur mit dem hintern Blatt der secundären Augenblase in Verbindung stehe und gar nicht mit der vordern, nicht richtig. Es kann deshalb nicht die Aufforderung entstehen zu der Erklärung, wie er überhaupt mit dem vordern in Verbindung kommt, sondern nur, wie er mit diesem da in Verbindung tritt, wo er es bis dahin noch nicht war, also in der ausserhalb der Augenblasenspalte gelegenen Region.

Dies geschieht einfach so, dass, während die Fasern des Sehnerven mit den Gebilden des vordern Blattes durch die Augenblasenspalte und an der ganzen Eintrittsstelle des Sehnerven zusammentreffen, der den Sehnerven umgebende Theil des hintern Blattes in seinen Zellen keine Veränderung erleidet als nur die Pigmentirung. Die auf den Sehnerven sich ursprünglich continuirlich fortsetzenden Zellen des hintern Blattes der secundären Augenblase nehmen dagegen an allen denjenigen Veränderungen Theil, welchen die Zellen des Stieles der Augenblase im Uebrigen unterliegen. Auf diese Weise kommt, wie leicht ersichtlich, der spätere Zustand zu Stande, wo die Lage der Pigmentzellen rings um den Sehnerven sich abgrenzt.

Beim Säugethierauge findet nun in der That eine Einstülpung des Sehnerven auf eine kurze Strecke statt, aber nicht bis zur Berührung der Wände; bei ihm findet sich in frühester Zeit schon eine Arterie am vordern Theil des Stieles desselben. (Ueber die vena centralis retinae haben meine Präparate aus den frühesten Stadien keine Auskunft

gegeben). Aber sonst ist alles übrige ebenso wie beim Vogelauge. Auch hier steht von vorn herein der Sehnerv mit dem vordern Blatt der secundären Augenblase in Verbindung und zwar im Verlauf der Rinne und bei der weitern Entwicklung kann deshalb auch hier gar nicht in Frage kommen, wie diese Verbindung erst hergestellt werden soll An der der Augenblasenspalte abgewandten Seite stellt sich aber auch die Verbindung zwischen dem Sehnerv und dem vordern Blatt einfach so her, dass das hintere Blatt der secundären Augenblase, dessen Zellen mit den Zellen des opticus zusammenhängen in continuirlicher Lage, nach dem Verschwinden des Zwischenraumes zwischen den Blättern der secundären Augenblase unverändert zellig bleibt unter Auftreten von Pigmentkörnern, während das dauernd sich verändernde Gewebe des Sehnerven selbst mit dem sich gleichfalls verändernden vordern Blatt verwächst.

Den ursprünglichen Zusammenhang des Sehnervenstieles mit dem vordern und hintern Blatt des Vogelembryo der secundären Augenblase zeigen die schematischen Figuren *1A*, *2A*, *6A*. Wenn nämlich die Linse *a* sich eben gebildet hat und noch kein Glaskörperraum vorhanden ist, so wird sie, wie früher bereits erwähnt wurde, von dem vorderen und unteren Theil der Augenblasenwurzel so umfasst, dass ein hinteres Blatt an dem Winkel *b* noch gar nicht vorhanden ist. Es geht hier das vordere gleich ohne weiteres in die Augenblasenwurzel oder den Sehnerven über. Die Höhle der primitiven Augenblase läuft bei *c* noch gar nicht in einem spaltförmigen Raum zwischen zwei Blättern der Augenblase aus, sondern in eine leichte Einbuchtung, welche oben durch das vordere Blatt *b* und nach abwärts durch die Aussenwand der unmittelbar in das Gehirn übergehenden Wurzel *f* begrenzt wird; das hintere Blatt *g* biegt schon viel früher und höher oben bei *k* in das Gehirn um und grenzt die Höhle *c* nach hinten ab. Weil die Umbiegungsstelle bei *k* weit entfernt von der Uebergangsstelle der vordern Wand der Wurzel bei *m* liegt, gewinnt die Spalte, durch welche die primitive Augenblase mit der Gehirnhöhle communicirt, die erhebliche Länge.

Fig. 2A und *6A* zeigt, wie der ganze Theil der secundären Augenblase bei *b* erst später hinzukommt, wie also nunmehr die Augenblasenwurzel in einen mit einer Höhle versehenen sich gegen die Augenblase abgrenzenden Stiel übergeht. Jetzt kann man hier entsprechend der Stelle in *Fig. 1A* nun auch ein vorderes Blatt der secundären Augenblase von einem hinteren unterscheiden. Indem so die Linse von unten und innen her allmählich umwachsen wird, geschieht dies doch hier nicht an dem ganzen Rand der secundären Augenblase; eine kleine Stelle betheiligt sich nicht dabei. Dadurch

entsteht die Augenblasenspalte. Würde der Durchschnitt von *6A* gerade in deren Bereich gefallen sein, so würde die Uebergangsstelle des vordern Blattes der Augenblase in das hintere nicht bei *b*, sondern noch hinter *c* ihre Lage haben. Der Glaskörperraum nimmt dabei fortdauernd an Grösse zu. Die Augenblasenspalte setzt sich aber nicht auf den Sehnerven fort.

So weit finden die Vorgänge auch ganz genau bei der Bildung der Chorioidalspalte des Säugethierauges statt, mit Ausnahme einer einzigen Stelle, welche den Stiel der Augenblase oder den Sehnerven betrifft. Diese Ausnahme wird, wie erwähnt, dadurch bedingt, dass die arteria centralis retinae auftritt, welche am Vogelauge fehlt, und durch das Gefäss des pecten ersetzt wird. Es biegt sich nämlich die untere Wand des hervorwachsenden Sehnerven in der That gegen die obere ein, so dass eine Rinne an seiner Aussenfläche und zwar an der unteren Seite entsteht. Aber es findet eben nur eine Einbiegung der unteren Wand des opticus gegen die obere statt, keineswegs eine Verwachsung. Der Sehnerv bleibt vorläufig noch hohl und in seinem hinteren Theile ist die Höhle auch cylindrisch, nur in dem vorderen von da ab, wo die arteria centralis retinae verläuft, wird sie halbmondförmig auf dem Querschnitt. Von jetzt ab verändert sich die Höhle in ihrer Gestalt dadurch, dass die Ränder der Rinne einander entgegenwachsen, um schliesslich den Gefässstamm ganz zu umfassen; zugleich tritt eine Wandverdickung ein; diese verengt die Höhle mehr und mehr und bringt sie schliesslich zum verschwinden. Die Präparate, welche die Form der Höhle des opticus zeigen, sind in *Fig. 34* zusammengefasst und zwar sind es vier aufeinanderfolgende Durchschnitte, welche von einem Schaafembryo von noch nicht einem Zoll in der Länge, herrühren. Der Durchschnitt *a*, welcher dem Gehirn am nächsten liegt, stellt einen Ring dar, der sich in seinem Gewebe wie der entsprechende Theil beim Vogelauge verhält. Er ist radiär gestreift durch die Anordnung der spindelförmig und ähnlich gestalteten Körper, die ihn zusammensetzen; ein verhältnissmässig grosses Gefäss befindet sich an seinem unteren Rande im Querschnitt; es entspricht der arteria centralis retinae; der nächste Ring *b* enthält eine schwache Einbiegung; der darauf folgende *c* dagegen eine weit stärkere, in dieser verläuft das Gefäss und tritt bei *d* in den Glaskörperraum.

Fig. 35 stellt die Eintrittsstelle des Sehnerven in den bulbus in einem weiter vorgerückten Stadium bei schwacher Vergrösserung dar; es ist ein Theil des Pigmentblattes beim Schnitt getroffen; die Höhle des opticus ist bereits geschwunden, das Gefäss unten noch nicht vollständig umwachsen. In der Figur erscheint der Sehnerv noch radiär gestreift; in Wirklichkeit ist dies jedoch nicht der Fall, sondern erkennt

man bei Anwendung starker Vergrösserung bereits die Andeutung der sich entwickelnden Felder, die weiter unten näher beschrieben werden. An einer andern Schnittreihe sieht man nach dem Ursprung des Sehnerven zu das Gefäss zuerst dicht an dem cylindrischen Nerven, dessen Höhle vollständig verschwunden ist, dann folgt ein Präparat, in welchem sie in einer Rinne erscheint, und später ein solches, in welchem sie mitten in dem Gewebe des Nerven liegt, der ungefähr einen Millimeter im Durchmesser hat.

Was die Schliessung der Chorioidalspalte betrifft, welche bei Säugethieren noch nicht genau beobachtet ist, so lag mir über diesen Vorgang nur ein Präparat vor, nämlich von dem Auge eines Embryo vom Maulwurf; es war hier die Chorioidalspalte bis auf eine kleine Stelle am künftigen Pupillarrande geschlossen.

Das Gewebe des Sehnerven der Säugethierembryonen besteht in der ersten Zeit aus denselben spindelförmigen radiär gestellten kernhaltigen Zellen, wie das Gehirn selbst. Noch ehe der Nerv seine Höhle verliert, stellt sich eine zarte Längsstreifung auf seiner Oberfläche ein, welche von feinen auf Querschnitten punktförmig erscheinenden Fasern herrührt. Ist die Höhle durch Wandverdickung geschwunden, so verliert sich auf den Querschnitten jede Andeutung einer radiären Streifung; nur quergeschnittene feine Fasern und zahllose Kerne von geringer Menge feinkörnigen protoplasmas umgeben, wechseln in der mannigfaltigsten Weise mit einander ab. Zerfasert man einen solchen Sehnerven von einem etwa $1^1/_2$ Zoll langen Schaafembryo, so erhält man Präparate, wie eines bei 330facher Vergrösserung in *Fig. 36* dargestellt ist. Die ganze Grundsubstanz erscheint leicht streifig. Die spindelförmigen Körper sind die Kerne von etwas homogenen protoplasma umgeben.

Im nächsten Stadium nimmt man auf dem Querschnitt bestimmte Abtheilungen des ganzen Gewebes in Felder wahr; schon in früheren Stadien sieht man Andeutungen davon, ohne dass man jedoch angeben könnte, worin die Erscheinung ihren Grund hat. Erst der *Fig. 37* dargestellte Zustand giebt Aufschluss. Das Präparat ist von einem etwa 4 Zoll langen Rindsembryo entnommen. Man erkennt, wie die Felder durch septa, in denen das Gewebe sich anders verhält, wie in den Feldern selbst, abgegrenzt werden, in den ersteren nimmt man zwar auch Kerne wahr von etwas gestreckter Gestalt und von Spuren von protoplasma umhüllt, aber sie sind in den septa ganz anders angeordnet,

und befinden sich in einer Grundsubstanz, welche mehr homogen erscheint. Peripherisch laufen sie in eine Schicht junger Bindesubstanz aus, welche die innere Scheide des opticus bildet. Innerhalb der Felder sind die Fasern ungleich zahlreicher und deutlicher geworden, als in dem vorigen Stadium, und die Kerne stehen in viel weiteren Abständen von einander. *Fig. 38* lässt dieselben Felder und Scheidewände wieder erkennen, aber es sind die Gewebselemente der septa nun so weit verändert, dass sie sich als streifiges Bindegewebe zu erkennen geben, in welchem ohne Zusatz von Reagentien die Kerne nicht mehr deutlich zu erkennen sind, während die entsprechenden Gebilde in den Feldern noch eben so klar vorliegen, wie in dem vorher beschriebenen Zustand.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich jedenfalls so viel mit Sicherheit, dass die in der Anlage des opticus enthaltenen zelligen Gebilde keinesfalls dem Gehirn zufallen, sondern, dass sie in der Sehnervensubstanz selbst ihre Verwendung finden. Es ist aus dem bis hierher vorgeschrittenen Zustande, wo der Sehnerv ein solides Gebilde darstellt, schon gar nicht mehr abzusehen, wie diese zelligen Bestandtheile nach dem Gehirn gelangen könnten, um daselbst in Ganglienzellen überzugehen. Wo derselbe die Basis des Gehirns erreicht, ist dieses in seinen peripherischen Theilen bereits nicht mehr zellig, sondern fasrig, und es enden hier beinahe alle die Zellenreihen, welche die späteren bindegewebigen Scheiden des opticus bilden, während sich allein seine Fasern weiter fortsetzen; nur die obersten Zellenreihen erreichen noch die zelligen Theile des Gehirns in diesen Stadien der Entwicklung.

Bemerkenswerth ist das Verhalten der Arterien im Innern des Sehnerven bei Embryonen von Rindern und Schaafen von 8 bis 10 Centimeter Länge. Die Schnitte sind durch den ganzen Augapfel und zugleich durch den dicht am Gehirn abgeschnittenen Sehnerven gelegt.

Der Längsdurchmesser des Augapfels beträgt bei dem zu beschreibenden Präparat vom Schaafembryo 6 Mm. Sclerotica und chorioidea sind bereits von einander zu unterscheiden. Das Gewebe der cornea setzt sich wegen seiner grösseren Durchsichtigkeit gegen das der sclerotica ab, wenn auch nur unbestimmt. Das Gewebe der cornea unterscheidet sich auffallend von dem in dem frühern Stadien beobachteten, wo es aus dicht neben einander liegenden Zellkörpern mit äusserst geringer Menge von Grundsubstanz bestand. Es sind die Zellkörper mit ihrem Kern noch erkennbar und haben eine spindelförmige Gestalt. Die Grundsubstanz ist in grösserer Menge vorhanden und hat bereits ein streifiges Aussehen bei starker Vergrösserung; die Streifen

verlaufen im Ganzen parallel der Oberfläche. Gegen die Linse zu ist die Streifung deutlicher, enger und das Lichtbrechungsvermögen an dem überall nahezu gleich dicken Schnitt stärker. An den verschiedensten Stellen erscheinen Punkte als quergetroffene Fasern und umgelegte Faserstreifen. Das vordere Epithel ist noch einschichtig und die vordere Grenzschicht eben unterscheidbar. Das hintere Epithel bildet eine einfache Lage äusserst niedriger Zellen. Die Descemet'sche Membran ist als eine sich bestimmt absetzende Haut noch nicht erkennbar, sondern es nimmt sich die hintere Grenzschicht noch genau wie die vordere aus.

Verflechtung der noch dünnen Stränge zeigt sich innerhalb der sclerotica an einzelnen Stellen; die Bindegewebskörper sind namentlich am vordern Rande deutlich sichtbar und haben eine spindelförmige Gestalt.

Die chorioidea ist von ziemlich dicht gedrängt stehenden Zellen durchsetzt und in der Grundsubstanz kaum Spuren einer Streifung zu sehen. Am corpus ciliare treten Maschen im Gewebe auf, die hier und da Gefässe führen. Die Pigmentzellen des stratum vasculosum sind namentlich im corpus ciliare nur sporadisch, und noch vereinzelter in der eigentlichen chorioidea selbst. Sie beginnen schon sternförmig zu werden.

Die Iris ist ungefähr einen halben Millimeter breit. Das stratum vasculosum derselben lässt noch nicht Andeutungen eines sphincter wahrnehmen; es sind überall nur Zellen sichtbar ohne eine characterisirte Grundsubstanz. Die Pupillarmembran zieht sich von dem stratum vasculosum vor dem vordern Rand der secundären Augenblase d. h. dem stratum pigmenti, eine kurze Strecke weiter fort und legt sich alsdann eng an die Linsenkapsel an. Nach vorn ist sie sichtbar von der cornea durch etwas Flüssigkeit getrennt. An dem stratum pigmenti lässt sich nur eine einzige Zellschicht unterscheiden. Erst im Bereich des corpus ciliare tritt eine zweite als nicht pigmentirte, die pars ciliaris retinae, hinzu. An der Iris sind keine Zellengrenzen in der secundären Augenblase sichtbar, in dem hintern Theile des corpus ciliare treten sie hervor.

Die hintere Fläche der Iris ist noch von einer strukturlosen scharf begrenzten Membran überkleidet, welche am Pupillarrand auf die vordere Fläche der Linsenkapsel übergeht und hinten sich als Fortsetzung der Grenzschicht des Glaskörpers erweist. Es ist die limitans hyaloidea. Wo sie sich eine kurze Strecke von dem vordersten Theil des corpus ciliare losgelöst hat, sind die Zellen der pars ciliaris retinae etwas ungeordnet; eine besondere limitans als Membran in der Fortsetzung der Netzhaut ist also nicht erkennbar.

Der Glaskörper reicht bis an das vordere Ende des Ciliarkörpers heran. An Querschnitten aus derselben Zeit sieht man die Thäler zwischen den Firsten von eigentlicher Glaskörpersubstanz erfüllt, in ihrer Grenzschicht aber noch keine Andeutung von Fasern der zonula.

Der Sehnerv hat ungefähr einen Millimeter im Durchmesser. Schon bei Loupenvergrössung erkennt man eine Längsstreifung und eine Querstreifung, welche an der Durchschnittsstelle durch die sclerotica und chorioidea mit diesen in Verbindung steht. Bei stärkerer Vergrösserung erweisen sich die Längsstreifen als einfache Lagen spindelförmiger schmaler Zellen, deren Längsdurchmesser im Verlauf der Streifen liegt. Auf einem Querdurchschnitt durch einen Sehnerven in diesem Stadium der Entwicklung erweisen sich die Zellenstreifen als den Scheiden angehörig, welche den Sehnerven in die bekannte Bündelformation bringen.

In den Zwischenräumen zwischen den Zellenstreifen ziehen dicht gedrängt die feinsten Fasern entlang. An einzelnen Stellen lassen sich noch kernartige Gebilde zwischen ihnen mit Mühe unterscheiden.

Dass aber überhaupt Kerne hier zahlreich vorkommen, lehren Querschnitte von den Sehnerven der Hühnerembryonen, in welchen die Felder schon durch differenzirte Bindegewebsscheiden abgetheilt wurden, am besten. An mit Karmin gefärbten Präparaten erscheinen zahllose, äusserst kleine Kerne in dem Bereich aller Fasern; offenbar die Reste von den embryonalen Zellen, deren protoplasma zum Aufbau der Nervenfasern verbraucht ist.

Diese Struktur des Sehnerven setzt sich bis auf das Niveau der Netzhaut hin fort, so dass diese mit ihren eigenthümlichen Schichten erst zu den Seiten desselben beginnt; der Sehnerv spitzt sich also bis dicht an den Glaskörper heran zu.

Hier setzen sich nun die Nervenfasern, Gefässe und die Zellen der Scheiden auf die Oberfläche der Netzhaut fort und bilden deren erste dem Glaskörper zugekehrte Lage zugleich mit den Schichten der darunter liegenden Sehnervenfasern; die nächste ist die Ganglienzellenschicht in einer hellen Substanz, ohne dass der Charakter der Ganglienzellen schon hervortrete; hierauf folgt die innere granulirte Substanz, dann die Körnerschichten, die nur sehr undeutlich eine Abtheilung in innere und äussere zeigen, den Abschluss bildet eine strukturlose feine Grenzschicht.

Die den Sehnerven aussen umgrenzende Gewebsschicht (die innere Nervenscheide), setzt sich durch ihre grössere Dicke auffallend gegen die feinen Scheiden im Innern des Nerven ab und besteht aus spindelförmigen und ähnlich gestalteten Bindegewebskörpern mit wenig gestreifter Grundsubstanz. Im Bereich der sclerotica gehen die Züge

des Gewebs derselben in die kleinen Scheiden im Innern des opticus über. Senkrecht mit ihrer Längsaxe zur Axe des opticus liegende Zellen, welche innerhalb der Scheiden zahlreich auftreten, erzeugen die schon mit der Loupe sichtbare Querstreifung.

Die äussere Sehnervenscheide kennzeichnet sich durch eine etwas geringere Dicke und im Uebrigen ist sie eben so gebaut wie die innere; beide stehen durch Netze von Bindegewebskörpern in losem Zusammenhang. Ein intervaginaler Raum von einiger Ausdehnung ist noch nicht nachweisbar.

In dem vordern Theile des Sehnerven sieht man die arteria centralis verlaufen, welche von einer sehr feinstreifigen zellenlosen Scheide begleitet, aus dem Gewebe der Kopfplatten herkommt, das sich auch in die Scheide hinein fortsetzt. Die Scheide selbst öffnet sich mitten im Glaskörper. Zwischen ihr und den Arterien ist ein erheblicher Zwischenraum, der von Glaskörpersubstanz und ihren charakteristischen Zellkörpern ausgefüllt wird. Beim Eintritt in die Grenzschicht des Glaskörpers steht sie mit dieser in continuirlichem Zusammenhang.

An ihrem Ende im Glaskörper selbst erweitert sie sich trichterförmig und geht in viele Streifen auseinander, welche sich bis an die Linsenkapsel verfolgen lassen. Das Gefäss geht mitten inne weiter und verzweigt sich schon innerhalb der Scheide. Von der letzteren sowohl, wie von der Grenzschicht des Glaskörpers selbst in ihrer nächsten Umgebung verbreitet sich eine grosse Zahl von Streifen in die Glaskörpersubstanz strahlenförmig und erstreckt sich theils dem Laufe der Gefässe folgend, theils selbstständig, bis an die Linsenkapsel.

An einer Anzahl von andern Präparaten aus früherer und späterer Zeit sind die Erscheinungen in Bezug auf das Gefäss und die bindegewebige Scheide im Wesentlichen dieselben.

Auge vom Alytes.

Die erste Anlage des Auges unterscheidet sich bei der Geburtshelferkröte nicht von der des Frosches. Die Dicke der Wandung der primitiven Augenblase ist sich anfangs an allen Stellen nahezu gleich, aber sobald die Abschnürung vom Gehirnrohr beginnt, nimmt sie in dessen nächster Umgebung sogleich ausserordentlich ab. Im Ganzen ist jedoch die Wand des Gehirnrohrs sowohl wie der Augenblase im Vergleich zur Enge der Höhle unverhältnissmässig dicker als beim Vogel- und Säugethierauge, was auch Kessler für Triton hervorhebt (l. c. p. 6).

Die Linse entsteht genau so, wie es von Remak für den Frosch beschrieben ist; von den zwei Schichten des obern Blattes ist es nach Remak's Darstellung nur die tiefere, welche das Material zu der soliden scheibenförmigen Verdickung liefert, die gegen die primitive Augenblase sich einstülpt und zur Linsenblase sich abschnürt. Die Linse ist kugelig und entwickelt sich in derselben Weise weiter, wie es Kessler auch für Triton angiebt. Die innere Oberfläche der sie umschliessenden Hülle wird von den grossen Linsenzellen ausgekleidet, die zuerst gleich gross und radiär gestellt sind und eine verhältnissmässig kleine Höhle umgrenzen; vergl. *Fig. 40*, wo hinter der Linse eine einfache Lage von Zellen mit reichlichem protoplasma und deutlichen Kernen sichtbar ist; diese Zellen haben dieselben Eigenschaften, wie die vor der Linse gelegenen und den Kopfplatten angehörenden bei *a*, mit den jedoch ein continuirlicher Zusammenhang nicht vorliegt. Es ist mir auch an anderen Präparaten nicht gelungen, den Vorgang der Einstülpung mit dem beim Säugethier- und Vogelauge beobachteten in Uebereinstimmung zu bringen. In den späteren Zuständen sind die Linsenzellen im Aequator höher, als medianwärts von demselben und gehen in derselben Weise in die Fasern über, wie es von Becker in seinen Untersuchungen über den Bau der Linse bei Menschen und den Wirbelthieren (Gräfe's Archiv, Bd. IX, Abth. II. 1863), für den Frosch darstellt und abbildet.

Wenn die Linse noch aus gleich grossen radiär gestellten Zellen besteht, ist doch schon die Verschiedenheit im Wachsthum der beiden Lamellen der secundären Augenblase vollkommen zu Tage getreten, vergl. *Fig. 40*. Die hintere ist schon pigmentirt, aber ihr Dickendurchmesser sehr gering; die Zellen bilden auch hier nur eine einfache Lage und besitzen scharf contourirte Kerne. Die vordere Lamelle ist dagegen sehr stark, zeigt aber noch keine Spur einer Schichtung. Bei etwas ältern Embryonen zeigt sich an der secundären Augenblase

eine circuläre Einbiegung; zugleich hat sich auch der Glaskörperraum ausgedehnt, ist jedoch im Vergleich zu der Grösse der Linse, welche mehr von dem hintern Theil der Augenblase abgerückt ist, immer sehr klein. Der ganze vordere Rand der secundären Augenblase liefert das Material zur Iris zugleich mit einer dünnen Lage des Gewebes der Kopfplatten. Die retina zeigt die Differenzirungsvorgänge in der Weise, wie sie von Babuchin und andern Forschern für den Frosch dargestellt sind; *Fig. 41* zeigt sie in einem solchen mehr vorgeschrittenen Zustand und zugleich gerade die Durchtrittsstelle des schon fasrigen Sehnerven, dessen feine Fasern in *Fig. 42* bei *a* im Querschnitt vorliegen.

Die Augenblasenspalte tritt an dem Auge der Embryonen von Alytes, namentlich so lange die Pigmentirung noch unbedeutend ist, in ihrer ganzen Ausdehnung hervor, vergl. *Fig. 39*. Es lässt sich daraus leicht entnehmen, dass ihre Länge bei weitem den Durchmesser des Sehnerven übertrifft und sie nicht der Eintrittsstelle desselben in die Netzhaut in ihrer ganzen Länge entsprechen kann.

Fig. 43 zeigt einen gerade durch die Spalte gelegten Querschnitt, in welchem die Arterie vorliegt, wie sie sich beim Eintritt in zwei Aeste theilt, die sich in die Grenzschicht des Glaskörpers begeben.

Ergebnisse.

Die primitive Augenblase des Säugethierembryo ist nicht bloss von dem oberen Keimblatt, sondern auch von einer feinen Lage des Gewebes der Kopfplatten bedeckt. Die beim Vogelembryo noch in der Einstülpung begriffene Linsenanlage ist an der der Augenblase zugekehrten Fläche bereits von einer strukturlosen Membran, der ersten Anlage der zwischen Linse und secundären Augenblase gelegenen Gebilde, überzogen. Sobald sich die Linse in Form einer Blase abgeschnürt hat, ist sie nicht blos hinten, sondern rings herum von einer strukturlosen Membran umgeben, welche ihren Ausgang von dem Gewebe der Kopfplatten nimmt. Von diesem wendet sich ein durchsichtiger Fortsatz gegen den vordern Rand der secundären Augenblase hin und theilt sich hier in zwei Blätter, von denen das eine vor, das andere hinter die Linse verläuft. In diese durchsichtige Substanz treten erst nachträglich Zellkörper in grösserer Menge ein. Beim Säugethier ist in der entsprechenden Zeit bereits die ganze Linse rings

von zellenhaltigem Gewebe, vorn in stärkerer, hinten und namentlich im Aequator in äusserst dünner Lage umgeben; es ist eine Fortsetzung des Gewebes der Kopfplatten, welches vorn vom obern Blatt bedeckt ist. Die Lage dieses Gewebes kann nicht die Anlage der Linsenkapsel sein; sie ist nämlich beim Säugethier an einzelnen Stellen zur Seite der Linse nicht zellenfrei, sondern die äusserst feine Umhüllung verläuft auf Strecken strukturlos, dann kommt ein Zellkörper mit wenig körniger Substanz und einem Kern, dann folgt wieder strukturlose Masse. Erst später bildet sich die Linsenkapsel als eine Grenzschicht desselben. Beim Vogel, wo es keine arteria hyaloidea giebt, ist die Umhüllung der Linse gefässlos, beim Säugethier besitzt sie Gefässe. Sonst ist zu dieser Zeit kein Unterschied vorhanden. In diesen ursprünglichen Anlagen des Gewebes der Kopfplatten ist die Anlage des bindegewebigen Theiles der cornea mit ihren Grenzmembranen enthalten, ferner ihr hinteres Epithel, ausserdem die Linsenkapsel nebst dem Glaskörper, der limitans hyaloidea und der zonula. Nur das vordere Epithel der cornea rührt von dem obern Blatt (Hornblatt) her. Beim Säugethier ist ausserdem die Pupillarmembran darin enthalten, welche sich von der Cornea-Anlage abspaltet wie auch von der Linsenkapsel.

Beim Vogel ist die Linsenkapsel in ihrem vordern Theil erst dann als bestimmt abgegrenztes Gebilde wahrzunehmen, wenn das hintere Epithel der cornea erscheint, was etwa am sechsten Tage der Bebrütung geschieht.

Der Glaskörper entsteht also nicht erst mit dem Auftreten der Chorioidalspalte, sondern wird nebst der Anlage für die Linsenkapsel zugleich mit der Linse von vorn her eingestülpt.

Der zum Sehnerven werdende Stiel der Augenblase stülpt sich beim Vogelembryo nicht ein, wie diese selbst, um die vielfach beschriebene Rinne zu bilden, sondern bleibt stets cylindrisch und verliert allmählich seine Höhle durch Wandverdickung. Die Augenblasenspalte (Netzhaut-, Chorioidalspalte) setzt sich nur bei den Säugethieren, welche eine arteria centralis retinae besitzen, auf eine kurze Strecke des peripherischen Theiles des Sehnerven fort als Rinne, weiter gegen das Gehirn zu wird der Nerv gleichfalls cylindrisch und verliert sich seine Höhle auch durch Wandverdickung. Beim Vogelauge nimmt die Entwicklung des peripherischen Theiles des Sehnerven deshalb einen anderen Weg, weil er noch eine erhebliche Strecke weit innerhalb des Augapfels verläuft, ehe er sich vollständig zur Netzhaut ausbreitet. Es geschieht dies zu den Seiten und an der Basis des bei den Vögeln vorkommenden pecten, also der hinteren Chorioidalspalte entlang. Während beim Säugethier die Augenblasenspalte in früher Zeit sich schliesst, muss sie beim Vogel mit dem Wachsthum des pecten zu-

nehmen; erst an dessen oberem der Linse zugekehrtem Ende schliesst sie sich ab.

Es schliesst sich jedoch nicht die ganze vor dem Kamm liegende Spalte; in den spätern Stadien der Entwicklung sind vielmehr zwei Spalten vorhanden, eine vordere im Bereich der pars ciliaris retinae und des Pigmentblattes des corpus ciliare gelegene, durch welche ein Gefäss hindurchtritt, das sich von dem corpus ciliare zum peripherischen Ende des pecten erstreckt und zwischen der Grenzschicht des Glaskörpers und der pars ciliaris retinae verläuft; und eine hintere, die Spalte für den Kamm. Zwischen dem vordern Ende der in der eigentlichen Netzhaut gelegenen Kammspalte und dem hintern Ende der in dem Bereich des corpus ciliare liegenden Gefässspalte befindet sich zu einer gewissen Zeit ein weisslicher Streifen, der beide mit einander verbindet. Er rührt daher, dass das Pigment sich noch nicht in die Zellen des äussern Blattes der hier zum Schluss gekommenen Spalte abgelagert hat.

Die Gefässspalte erstreckt sich noch eine Zeit lang bis an den Linsenrand und dann steht an ihrem vordern Ende die limitans hyaloidea, wie sie auf die vordere Wand der Linsenkapsel übertritt, im Zusammenhang mit der Grenzschicht des stratum vasculosum des corpus ciliare, was sonst im Uebrigen auch durch die ganze Spalte hindurch stets Statt findet, auch dann noch, wenn sie gegen den Linsenrand hin sich auf eine kurze Strecke geschlossen hat.

Die Spalte für den Kamm nimmt an Breite zu während des Wachsthums desselben und des im untern Theil der Spalte liegenden Sehnerven. Für sie passt die Angabe, dass die Chorioidalspalte zum Durchtritt der Opticusfasern diene. Von ihrem untern Ende an, welches an der Eintrittsstelle des Sehnerven in die secundäre Augenblase liegt, bis zu ihrem obern treten zu allen Seiten des Kammes die Sehnervenfasern in die Netzhaut ein; die Eintrittsstelle der Nervenfasern in die Netzhaut ist also hier auf eine weit grössere Strecke verlegt, als bei dem Säugethierauge.

Der Kamm der Vögel bildet sich nur aus dem Gewebe der Kopfplatten, die secundäre Augenblase betheiligt sich dabei nicht.

Die Gefässspalte kann nicht zum Durchtritt von Nervenfasern dienen, weil solche im Bereich der pars ciliaris retinae nicht mehr vorkommen.

Die von Rathke beschriebene Falte der Netzhaut, welche gegen den Glaskörper vorspringt und nach seinen Beobachtungen bei Säugethieren und Vögeln und wahrscheinlich bei allen Wirbelthieren vorkommt, hat nicht die Bedeutung, welche dieser Forscher ihr zuschrieb; sie soll bei den Vögeln und Sauriern durchbrochen werden zum Durchtritt

des Kammes oder einer ähnlichen Vorrichtung oder bei Fischen zum Durchtritt des processus falciformis. Insoweit diese Gebilde durch die Netzhaut treten, ist die Spalte schon von vorn herein angelegt und insoweit sich eine wirkliche Falte der Netzhaut vorfindet, wird dieselbe niemals durchbrochen, sondern ist vielmehr das Zeichen, dass die zuvor dagewesene Spalte sich geschlossen hat. Wo die Spalte sich nämlich oberhalb des Kammes schliesst, wird die Verbindung der limitans hyaloidea mit der Grenzschicht der chorioidea aufgehoben und es treten an den Uebergangsstellen des vordern Blattes der secundären Augenblase in das hintere die frei gewordenen Ränder des vordern Blattes in Zusammenhang und hebt sich dabei die Netzhaut in Form einer Falte gegen den Glaskörper empor; ebenso treten die frei gewordenen Ränder des hintern Blattes zusammen und verwachsen; eine Zeit lang lagert sich bei diesem kein Pigment in die Zellen ab und so entsteht dieser Theil des weissen Streifens, der später verschwindet, sobald die Pigmentirung beendigt ist.

Wenn bisher allgemein angenommen wurde, dass das Colobom dadurch entsteht, dass die ganze Augenblasenspalte nicht zum Schluss kommt, so wäre nunmehr doch auch der Fall denkbar, dass nur die Ränder des vordern Blattes sich erreichen und verwachsen, während die des hintern getrennt bleiben. Es würde dann die Continuität der retina erhalten sein, während das Pigmentblatt eine Spalte besässe. Es könnte demnach das Sehvermögen in dem Bereich der Spalte erhalten sein, wie dies von mehrern Beobachtern angegeben wird.

Die Gefässspalte sowohl wie die Kammspalte finden sich auch bei ausgewachsenen Hühnern noch vor, der dazwischen liegende weissliche Streifen ist jedoch verschwunden.

Wenn behauptet worden ist, dass der Sehnerv dadurch mit dem vordern Blatt der secundären Augenblase in Berührung kommt, mit der er zuvor nicht im Zusammenhang gewesen sei, dass sich seine untere Wand gegen die obere einstülpe, in ähnlicher Weise wie dies bei der Bildung der secundären Augenblase geschehe, so ist dies nicht zutreffend. Es stülpt sich beim Vogel niemals die untere Wand gegen die obere ein, sondern die Höhle verschwindet, wie erwähnt, durch Wandverdickung. Aber es hat auch niemals der Zusammenhang des Sehnerven mit dem vordern Blatt gefehlt. Schon ehe die Chorioidalspalte angelegt ist, geht direct der ganze untere Theil des Augenblasenstiels mit seinem peripherischen Ende in das vordere Blatt über, der obere Theil in das hintere.

Je mehr der vordere Rand der secundären Augenblase wächst, um so länger wird zunächst auch die Chorioidalspalte und dehnt sich

dem entsprechend der Zusammenhang des innern Blattes der Augenblase mit dem Sehnerven aus.

Wo der Sehnerv von vorn herein mit dem hintern Blatt zusammenhängt, stellt sich der Zusammenhang mit dem vordern so her, dass die Zellen des Pigmentblattes unverändert bleiben, während die des opticus und des vordern Blattes den bekannten Veränderungen unterliegen und dadurch die Verwachsung zur Folge haben.

Für die Bildung des pecten und des im Augapfel verlaufenden Theiles des Sehnerven tritt eine Wucherung des Gewebes des Sehnerven und der Kopfplatten auf, so dass zu einer gewissen Zeit der im bulbus verlaufende Theil desselben sich gar nicht gegen die später hier differenzirte Gefässlage der chorioidea und gegen die sclerotica abgrenzt. Sobald jedoch die Differenzirung eingetreten ist, sieht man den Sehnerven noch weit über die Eintrittsstelle in den bulbus hinaus an seiner Oberfläche nur von dem bindegewebigen Theile der sclerotica überzogen, indem der Knorpel derselben mit scharfer Grenze an seinen Seiten abbricht; über letzterem ist alsdann noch die chorioidea und das stratum pigmenti gelegen, das an der Ausbreitungsstelle des Nerven plötzlich aufhört. Die membrana limitans hyaloidea verlässt zu den Seiten des Kammes die Netzhaut und setzt sich ohne Unterbrechung über den letzteren hin fort; sie betheiligt sich also nicht bei der Spaltbildung in der secundären Augenblase und ist schon deshalb kein integrirender Bestandtheil der Netzhaut.

Beim Säugethier findet sich zu der Zeit, wo das Pigmentblatt der secundären Augenblase schon als solches zu erkennen ist, sclerotica und chorioidea hingegen noch nicht differenzirt sind, eine Gefässlage als erste Andeutung des Gefässblattes der chorioidea an der Aussenfläche der secundären Augenblase, welche sich vorn mit der gefässhaltigen Umhüllung der Linse in Zusammenhang setzt; die Uebergangsstelle ist schon früh durch eine ringförmig verlaufende Vene angedeutet. Die Gefässe des Glaskörpers, der bei dem Säugethier durchweg embryonale Zellen in seiner ganzen Substanz enthält, durchziehen zuerst den ganzen Glaskörper, welcher freilich dann nur noch ein äusserst schmales zwischen Linse und secundärer Augenblase gelegenes Gebilde ist. In späterer Zeit unterscheidet man einen vorderen gefässreichen Theil des Glaskörpers und einen hinteren, durch welchen bloss der Stamm der hyaloidea durch einen besonderen Canal oder auch schon einzelne Abzweigungen derselben ziehen. Die Bindesubstanzkörper nehmen noch das ganze Innere des Glaskörpers ein, während sie nun bald nur noch in mehr oder weniger starker Lage sich auf die Peripherie beschränken. Im folgenden Stadium tritt die Gefässschicht nur noch in der fossa patellaris auf und zieht sich von hier aus über die vordere Fläche der

Linsenkapsel hinweg. Die Gefässe gehören, in so weit sie in der tellerförmigen Grube liegen, dem Glaskörper an und folgen den auf die vordere Fläche der Linsenkapsel übertretenden Fasern der zonula, welche schon bei etwas über vier Zoll langen Rindsembryonen sichtbar sind; es sind alsdann diese Gegenden am Glaskörper durch zahlreich auftretende Zellkörper ausgezeichnet. Die Iris und die processus ciliares entstehen aus den Kopfplatten und den beiden Blättern der secundären Augenblase, welche man beim Vogelauge noch deutlich an der eben entstandenen Iris wahrzunehmen vermag, wie Kessler richtig angiebt; für das Säugethier jedoch ist dies Verhältniss sehr grossen Verschiedenheiten unterworfen. An dem Auge des Embryo eines Schweines geht bereits vor dem Auftreten des corpus ciliare die Pigmentirung an der Umschlagsstelle der secundären Augenblase von dem hinteren Blatt auf das vordere über und bei solchen älteren Embryonen, bei welchen die Iris und das corpus ciliare bereits aufgetreten sind, lässt sich die farblose Lage der Zellen nur noch auf dem corpus ciliare als solche erkennen, und verschwindet bereits an der Wurzel der Iris. Bei dem Auge der Ratten und Mäuse reicht sie noch etwas auf die Wurzel der Iris herauf. Bei allen diesen Säugethieren wächst der vordere Rand der secundären Augenblase an der Pupillarmembran entlang. Die Pupillarmembran verdickt sich zuvor durch Gewebselemente an ihrer äussern Seite, welche bisweilen schon Pigment enthalten, ehe der Pupillarrand der secundären Augenblase sie erreicht hat.

Insoweit sie sich nicht bei der Bildung der Iris betheiligt, geht sie zu Grunde, wie sich leicht an mehrere Tage alten lebenden Kaninchen beobachten lässt.

Die Capsulo-Pupillarmembran ist keine besondere Membran, sondern nur der vordere Theil der gefässhaltigen Glaskörperanlage, aus welchem die zonula und der mit ihr und der Linsenkapsel verwachsene Theil der limitans hyaloidea hervorgehen, wie auch der entsprechende Theil der Linsenkapsel selbst. Was man gefässreiche Linsenkapsel genannt hat, existirt eigentlich gar nicht; denn was hier gefässreich ist, ist Glaskörper und was Linsenkapsel ist, enthält keine Gefässe, sondern ist nur zellenfreie Membran und bleibt auch immer Linsenkapsel. Die Verbreitung der arteria hyaloidea findet eben an der hintern und theilweise auch an der vordern Wand der Linsenkapsel statt und zwar hinten im Bereich des Glaskörpers und vorn im Bereich der Pupillarmembran, die sich von der Linsenkapsel ablöst und das Netzwerk der arteria hyaloidea enthält, nebst den Venen, welche das Blut aus diesem zurückführen und später in der Iris liegen.

Die Ansicht, dass die Zellen, welche die Anlage des opticus bilden, nur als Leitgebilde für die aus dem Gehirn hervorwachsenden Fasern

desselben dienen und alsdann selbst dem Gehirn zufallen, bestätigt sich nicht. Sie vermehren sich vielmehr mit dem Waehsthum des Nerven. Zu einer gewissen Zeit besteht derselbe fast nur aus spindelförmigen Zellen und ausserdem aus einer andeutungsweise streifigen Substanz.

Später erkennt man in ihm an Quersehnitten die Seheiden und Felder des vollkommen entwickelten Zustandes. In den Seheiden sieht man noch eine Zeit lang Bindegewebskörper in einem streifigen Gewebe, später sind sie nieht mehr siehtbar. Innerhalb der Felder weehseln Zellenkerne, die von Spuren von feinkörnigem protoplasma umgeben sind, und Fasern mit einander ab, und dann erseheinen nur noch äusserst kleine Kerne zwischen den Nervenfasern lange bevor noeh die Markhülle auftritt.

Auf den Längsschnitten durch den Sehnerven sieht man während der Entwicklung niemals Nervenfasern vom Gehirn her eintreten und in ihm peripherisch vordringen; sobald Fasern in ihm erseheinen, erscheinen sie in seiner ganzen Länge zugleich, und ebenso zugleieh am Gehirn.

Die Nervenfasern und Bindegewebsscheiden des opticus entstehen auf Kosten des protoplasma der Zellen, welehe ihn von vorn herein zusammensetzen und sich vermehren.

Anmerkungen.

1. An dem Glaskörper eines Kuhembryo von 19 Centimeter Länge war bei dem Herausnehmen aus dem bulbus die den eanalis hyaloideus umgränzende Gewebsschicht nieht erhalten geblieben, das abgerissene Ende der arteria hyaloidea war mit in das Innere zurückgezogen. Die theils sternförmigen, theils rundlichen Zellen sind meist nur noch in der Peripherie gelegen. Im Innern des Glaskörpers sind sie nur im Bereich der Gefässausbreitung zahlreieher. In grösserer Menge sind sie in der Umgebung der zonula angehäuft, welche schon die Fibrillen deutlich zeigte. Wenn man nach Herausnahme der Linse aus ihrer Kapsel den focus hoch auf die letztere einstellt, so sieht man die an

ihre vordere Fläche herantretenden Züge, bei etwas tieferer Einstellung die zur hintern gehenden. Schneidet man ein Stück aus der zonula heraus und breitet sie auf den Objectträger aus, so erkennt man bei starker Vergrösserung schon, wie feine Fibrillen zu dickern Bündeln zusammentreten und auch wieder sich von diesen abzweigen. Dass die Zonulafasern nicht aus den Gefässen entstehen, wie C. O. Weber angegeben hat, lässt sich bei der Betrachtung eines Präparates von jedem frischen Glaskörper eines Säugethierembryo ohne Schwierigkeit feststellen. Die Fasern treten mit äusserster Feinheit und zugleich in ihrer ganzen Länge auf, wenn die Gefässe längst entwickelt sind und in dieser Form möchten sie wohl kaum den von Weber ausgesprochenen Gedanken anregen. Ebenso ergiebt sich aus den obigen Mittheilungen, dass Iwanoff's Behauptung nicht aufrecht erhalten werden kann, wonach die zonula bei Embryonen nicht besteht, so lange die die Kapsel umgebenden Gefässe vorhanden sind, obgleich in dieser Periode die limitans schon völlig entwickelt sei; und dass die zonula sich erst in der Zeit bilde, in welcher die Kapselgefässe sich zurückbilden, und mit der Atrophie desselben immer deutlicher werde. Richtig ist dagegen das hier von der limitans Gesagte. (Stricker's Handbuch, S. 1075).

2. Was in der vorliegenden Arbeit vom Glaskörper und seinem adnexa ausgesagt ist, bezieht sich nur auf den frischen Znstand desselben mit Ausnahme der Beschreibung des um die arteria abgegrenzten Canales, der im ausgebildeten Auge von Stilling am frischen Glaskörper dargestellt ist. Dass die im embryonalen Zustand ihn begrenzende membranöse Snbstanz kein Product der angewandten Müller'schen Flüssigkeit sein kann, geht aus ihrem Zusammenhang mit dem Gewebe der Kopfplatten hervor, welcher von den frühesten Stadien an nachweisbar ist. Ueber das Verhalten des Glaskörpers gegen Reagentien ist alles Bemerkenswerthe in der Abhandlnng von Iwanoff enthalten.

3. Wann zuerst die in einer Höhle des ausgebildeten Glaskörpers vieler Vögel vorhandene durch ein Capillarröhrchen auströpfelnde Flüssigkeit auftritt, habe ich bisher nicht mit Sicherheit feststellen können. Es scheint doch erst sehr spät zu geschehen und die Consistenz des Glaskörpers der Vogelembryonen ebenso fest wie die der Säugethiere zu sein. Bei Fischembryonen ist nach Kupfer's Mittheilungen schon in der frühesten Zeit eine Flüssigkeit vorhanden.

4. Nach Veröffentlichung meines Vortrages über die Linsenkapsel (Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg, Nr. 3, 2. Mai 1872), in welchem deren Entstehung beim Säugethierembryo mitgetheilt ist, wurde mir die kurze Mittheilung von Sernoff im Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften Nr. 13, 1872 bekannt, die ich bei der Ausarbeitung

des Manuscripts nicht mehr berücksichtigen konnte (die ausführliche Arbeit von Sernoff in der russischen kriegsärztlichen Zeitschrift 1871 ist mir nicht zugänglich aus Unkenntniss der Sprache). In den wichtigsten Punkten über die Entstehung der Linsenkapsel beim Auge des Vogelembryo, welchen Sernoff untersuchte, befinden sich meine Beobachtungen mit den seinigen in Uebereinstimmung. Es ist richtig, wenn er sagt, dass am zweiten Tage der Bebrütung, zur Zeit, wo das äussere Keimblatt sich zur Bildung der Linse einzustülpen beginnt, sich keine Oeffnung in dem mittlern Keimblatt an der Stelle der Einstülpung befindet, und dass Remak die erste Umhüllung der Linse fälschlich für die strukturlose Linsenkapsel erklärt habe, während doch Zellen darin vorkommen; was so die Linse ursprünglich von dem Gewebe der Kopfplatten umgiebt, eine „zeitweilige Linsenkapsel", entwickele sich in dem vordern Theil zur Hornhaut und zur vordern Hälfte der Linsenkapsel mit der vordern Kammer zwischen beiden mittels Spaltung der zeitweiligen Linsenkapsel in zwei Blätter; in der Folge entwickele sich auf der hintern Seite der cornea ein Endothelium aus Bindegewebszellen, welche aus dem Material der Kopfplatten hervorrücken. Ebenso finden sich meine Beobachtungen mit den Angaben Sernoff's in Einklang, wenn er aus dem hintern Theil der zeitweiligen Linsenkapsel den Glaskörper nebst seinen adnexa und die hintere Abtheilung der eigentlichen Linsenkapsel hervorgehen lässt.

Wenn aber Sernoff erklärt: aus dem peripherischen Theile der Vorderhälfte der zeitweiligen Linsenkapsel wächst die Iris hervor, die anfangs mit ihrem Pupillarrande mit der Kapsel vereinigt ist, sich später aber von ihr loslöst (10. Tag): so muss ich dagegen, wie ich das schon oben auseinandergesetzt habe, hervorheben, dass ich in Uebereinstimmung mit Hensen und andern Forschern finde, dass die Iris im Anschluss an den vordern Theil der chorioidea entsteht. An einem Präparat, wie es in *Fig. 32* abgebildet ist, sieht man die Anlage zum corpus ciliare und zur Iris nicht an der Innenseite der secundären Augenblase, sondern an ihrer Aussenfläche liegen, und zur geeigneten Zeit als eine zellenreiche Verdickung an der Aussenfläche im peripherischen Theil der Pupillarmembran auftreten.

5. Die oben von mir beschriebenen Präparate embryonaler Augen, an denen die zwischen Netzhaut und Glaskörper deutlich hervortretende einfach erscheinende Grenzschicht als limitans hyaloidea aufgefasst und als vorwiegendes Product des Glaskörpers dargestellt wurde, rühren von Augen her, die längere Zeit in Alkohol oder Müller'scher Flüssigkeit gelegen hatten, dann in eine Mischung von Wachs und Olivenöl behufs der Anfertigung geeigneter mikroskopischer Durchschnitte ein-

geschmolzen wurden. Die letztern wurden danach in Glycerin eingelegt oder nach Behandlung mit Nelkenöl in Canadabalsam aufbewahrt.

Es könnte gegen diese Präparate derselbe Einwurf der Beweiskräftigkeit erhoben werden, wie er gegen die von ausgebildeten mit Müller'scher Flüssigkeit und andern Reagentien behandelten Augen zu einem Theil mit vollem Recht erhoben worden ist. Ich habe deshalb auch in den vorstehenden Mittheilungen die feinen in der Glaskörpersubstanz auftretenden Faserzüge unberücksichtigt gelassen, da ich sie im frischen Zustande bisher nicht wahrzunehmen vermochte. Nun ist aber nach Merkels Angabe an ausgebildeten Augen auch im frischen Zustande eine über jeden Zweifel erhabene Untersuchung deshalb nicht möglich, weil hier der Zusammenhang zwischen retina und Glaskörper ein so inniger ist, dass er nur mit Gewalt aufgehoben werden kann und man nie sicher ist, ob man nicht die limitans der Netzhaut mitgenommen oder die hyaloidea zurückgelassen hat. Dies zugegeben, muss man aber dann doch wohl diesen Zweifel auch für Merkel's auf derselben Seite beschriebenes Präparat geltend machen. An einem menschlichen Auge, sagt Merkel, welches ganz frisch in verdünnte Osmiumsäure gelegt wurde, die bekanntlich in der Conservirung der Gebilde des Auges Ausgezeichnetes leistet, traf es sich durch einen glücklichen Zufall, dass sich die limitans interna in grosser Ausdehnung von der retina löste und auf dem Glaskörper haften blieb. Sie war an den anhängenden Radialfasern auf das leichteste zu erkennen. Ich hob sie mit Nadeln vorsichtig ab und constatirte bei sehr starker Vergrösserung an Falten, Umbiegungsstellen und Rändern, dass nur die limitans allein gelöst war. Der Glaskörper, der dann in gleicher Weise untersucht wurde, zeigte auch nicht die leiseste Andeutung einer daraufliegenden Membran.

Es ist schon von mehreren Beobachtern hervorgehoben worden dass die vordere Grenzschicht der secundären Augenblase weniger hervorträte als die limitans externa in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Es löst sich an embryonalen Augen im ganz frischen Zustande die Netzhautanlage ausserordentlich leicht vom Glaskörper los. Wenn man einen Aequatorialschnitt durch sclerotica und chorioidea vorsichtig ausführt, so löst sich der ganze Glaskörper mit der Linse aus dem Augapfel heraus. In Jodserum oder Müller'scher Flüssigkeit sogleich untersucht, lässt er alsdann seine Grenzschicht vollkommen deutlich erkennen. Sie trennt sich in Form einer dünnen Membran auf Strecken ab, was namentlich nach geringen kaum zu vermeidenden Verletzungen eintritt; man sieht sie dann von einer äusserst feinkörnigen Substanz bedeckt, erkennt sie aber überall als eine homogene Membran. Man kann jetzt keine zweite derartige Membran abpräpariren und

entsteht auch eine solche nach längerer Aufbewahrung in Müller'scher Flüssigkeit nicht wieder; die Zellen der Glaskörpersubstanz folgen ihr nicht, jedoch mögen wohl Theilchen der Gallert an ihr hängen bleiben.

Diese Membran lässt sich nun an in Müller'scher Flüssigkeit erhärtetem Auge, wie oben schon erörtert wurde, zurückverfolgen bis an die arteria ciliares retinae, wo diese in den Sehnerven eintritt und lässt sich im Zusammenhang mit dem Gewebe der Kopfplatten darstellen. Danach kann kein Zweifel über ihre Herkunft obwalten und auch nicht über ihre Präexistenz. Ob man sie eine selbstständige Membran nennen will oder nicht, hängt nur davon ab, was man unter Selbstständigkeit verstehen will. Wenn man daran festhalten will, dass sie sich doch nicht vollständig vom Glaskörper isoliren lässt, so mag man sie unselbstständig nennen, eine sich von der übrigen Glaskörpersubstanz unterscheidende Grenzschicht ist sie für alle Fälle. Und sie ist es auch, welche sich nach vorn in denjenigen Theil der zonula fortsetzt, der vorn auf die Linsenkapsel tritt und von dem die Fasern der zonula zu einem grossen Theil ihren Ursprung nehmen.

Sieht man die ganze Fortsetzung der in Rede stehenden Grenzschicht, insoweit sie vorn auf die Linsenkapsel geht, als zonula an, wie dies Schwalbe thut, so ist natürlich die zonula nicht blos fasrig, sondern auch häutig und kann man dann mit Schwalbe sagen, dass die Fasern der zonula auch von der zonula entspringen; sieht man dagegen die zonula nur als fasrig an, nnd betrachtet den nicht fasrigen Theil als limitans hyaloidea, so muss man selbstverständlich die Fasern von der limitans ausgehen lassen, wie dies von Merkel geschieht.

Schwalbe hat nur diejenigen Fasern der zonula unberücksichtigt gelassen, welche an die hintere Wand der Linsenkapsel gehen, und von Henle, Merkel und Iwanoff beschrieben sind. Wie sich diese zur Gallertsubstanz des Glaskörpers in der fossa patellaris verhalten und ob zwischen ihnen und der Gallertsubstanz ein Zwischenraum existirt, der Petit'sche Canal, darüber habe ich an den embryonalen Augen bis jetzt nichts Entscheidendes beobachtet.

Dagegen stimmt Merkel's Angabe nicht ganz mit dem Thatbestand überein, wenn er die zonula sich bei der Abgrenzung der hintern Augenkammer betheiligen lässt, insoweit sie blos fasrig ist; die Lage der Fasern ist hier noch von der äussersten Grenzschicht des Glaskörpers bedeckt, die mit ihr zugleich auf die Linsenkapsel übergeht. Für die zonula im Sinne Schwalbe's, ist Merkels Angabe zutreffend. Diese ist in der That das vordere Ende der Glaskörperanlage und in den Winkel zwischen ihr und der Linsenkapsel muss seine Gallertsubstanz vorn ihr Ende finden.

In diesem Winkel sieht man bei den Augen von Schwein- und Rindsembryonen Gefässe von verschiedenen Stämmen der arteria capsularis zusammenkommen; vor allem ist es ihr Hauptstamm, welcher in spätern Stadien der Entwicklung sich erst in der tellerförmigen Grube auf der Linsenkapsel verzweigt und dann sind es mehrere kleinere Aeste, welche sich hinten im Glaskörper abzweigen (vergleiche *Fig. 48*) und schliesslich in den peripherischen Theilen des Glaskörpers und dicht unterhalb der zonula verlaufen, wo sie in das Netzwerk vom Hauptstamm eintreten. Es sind dies diejenigen Gefässe, welche Henle in seiner Schrift de membran pupillari p. 38 vom Schweinauge beschreibt, ohne ihr hinteres Ende bestimmen zu können, weil an seinem Präparat der hintere Theil des Glaskörpers fehlte.

Die Frage, ob man die zonula allein aus Fasern bestehen lässt oder zugleich die strukturlose Grenzschicht des Glaskörpers dazu rechnet, wird auch von Einfluss für die Entscheidung über die Zeit der Entstehung dieses Gebildes. Die Grenzschicht des Glaskörpers faltet sich, sobald der Strahlenkörper erscheint; die Fasern werden erst später sichtbar. Der Strahlenkörper senkt sich mit seinen Fortsätzen gewissermassen in die Grenzschicht des Glaskörpers und in seine Substanz selbst ein. Beim Vogelauge reicht die Einsenkung bis auf die Linse herauf; beim menschlichen Auge bleibt ein erheblicher Zwischenraum zwischen dem Linsenrand und Strahlenkörper, so dass man wohl sagt, die Fasern springen von den processus ciliares auf die Linsenkapsel über; es trifft dies jedoch die aussen davon liegende Grenzschicht des Glaskörpers zugleich mit, so dass die hintere Augenkammer auf diese Weise einen vollständigen Abschluss nach hinten besitzt. Das *Fig. 48* dargestellte Präparat zeigt die Verhältnisse am Auge eines Schweinembryo; aus den dunkel gezeichneten Thälern sind die processus ciliares herausgerissen; vor ihnen und vor den Firsten geht die Grenzschicht des Glaskörpers ununterbrochen auf die Linsenkapsel über und in keinem Stadium der Entwicklung ist auch nur eine Spur davon nachzuweisen, dass die Continuität der Grenzschicht aufgehoben würde; es nehmen vielmehr nur die Fasern an ihrer innern Seite mehr und mehr überhand.

So lange die Iris noch klein ist und die Pupillaröffnung gross, liegt sie dieser in die Linsenkapsel übergehenden Grenzschicht des Glaskörpers eng an; in dem *Fig. 47* dargestellten Präparat hat sie sich bei der Durchschneidung des Auges abgelöst, in anderen mir vorliegenden Präparaten ist dies nicht der Fall. Iris sowohl wie Strahlenkörper besitzen aber darunter noch eine scharfe Abgrenzung, von welcher sich jedoch membranöse Stücke in keiner Weise ablösen

liessen: dies ist die der secundären Augenblase in ihrem vordern Theil zugehörige Grenzschicht.

Es wäre nunmehr noch zu verfolgen, was aus dem hintern Theil dieser Grenzschicht des vordern Blattes der secundären Augenblase wird, welche schon von der Zeit der Entstehung der secundären Augenblase ab angenommen wird, und als scharfe Abgrenzung wirklich hervortritt. Eine bedeutende Veränderung der Sachlage tritt ein, wenn die Sehnervenfasern über die Netzhautanlage herüberwachsen. *Fig. 13* zeigte, wie die scharfe Grenzcontour zwischen Glaskörper und vorderm Blatt der secundären Augenblase dem Glaskörper bei seiner Ablösung folgt und die im vorliegenden Fall unversehrt erhaltene Grenzschicht der secundären Augenblase dagegen ungemein schwach erscheint. In *Fig. 16* sieht man, wie die letztere Grenzschicht von den eintretenden Nervenfasern bedeckt wird und sie damit als Grenzschicht der Netzhautanlage zu existiren aufhört. Was also späterhin als limitans interna der Netzhaut angesehen zu werden pflegt, hat mit der ursprünglichen Grenzschicht der secundären Augenblase gar Nichts gemein. An Präparaten, bei denen der Glaskörper erhalten geblieben ist, sieht man aber nach wie vor dessen Grenzlage, nur stösst sie jetzt nicht mehr mit der ursprünglichen Grenzschicht der secundären Augenblase zusammen, sondern mit der hinzugekommenen Lage der Nervenfasern, durch welche die Anlagen der Müller'schen Fasern hindurchwachsen.

Ganz ähnlich ist das Verhältniss am Säugethierauge. Es liegt mir eine Reihe von Horizontalschnitten des Auges eines Schaafembryo von etwa vier Centimeter Länge vor. Die Augenlider bedecken eben den Rand der cornea zu etwa einem Viertel ihrer ganzen Ausdehnung. Sclerotica und stratum vasculosum der chorioiden sind noch nicht von einander getrennt. Die cornea besteht noch überwiegend aus länglichen Zellen, deren grösste Durchmesser in verschiedenen Richtungen liegen, entsprechend dem späteren Verlauf der Fasern, welche innerhalb der Grundsubstanz noch nicht klar hervortreten. Das vordere Epithel ist nur noch in dünner Lage vorhanden und besteht aus zwei oder drei Schichten. Das hintere Epithel setzt sich als einfache Schicht gegen das eigentliche Corneagewebe ab. Die Pupillenmembran hat sich von der cornea und auch von der Linsenkapsel abgehoben. Wo sie mit der Anlage der chorioides zusammenhängt, besitzt sie bereits eine Verdickung, an deren Wurzel der Pupillenrand der secundären Augenblase sich anlagert; die verdickte Stelle besteht aus Zellen ohne differenzirte Grundsubstanz und geht das Endothel der cornea ohne Unterbrechung in die oberflächliche Zellenlage der Pupillarmembran über. Da bereits innerhalb der Gegend des späteren corpus

ciliare eine Faltung in der secundären Augenblase ausgesprochen ist, so kann man die Verdickung der Pupillarmembranwurzel als erste Anlage des stratum vasculosum der Iris ansehen, welches ein wenig den Pupillarrand der Augenblase gegen die Augenaxe hin überragt. Eine Schichtung in dem vordern Blatt der Augenblase ist noch nicht wahrzunehmen; gegen den Pupillarrand hin verdünnt es sich erheblich. Die Zellen des hintern Blattes sind noch nicht vollständig mit Pigment gefüllt, so dass das Blatt aus einem vordern ungefärbten und einem hintern gefärbten Theil besteht. Der Sehnerv besteht aus feinsten Fasern, untermischt mit zahlreichen Zellen, die aber noch nicht in regelmässige Reihen geordnet sind. Das Pigmentblatt setzt sich scharf rings gegen denselben ab. Die Faserausbreitung des Sehnerven überschreitet die noch zellige vordere Platte der secundären Augenblase und gelangt so an die Aussenfläche des Glaskörpers. An der Berührungsstelle beider findet sich eine starke Anhäufung von Zellen in der Ausdehnung des Querschnittes des ganzen Stammes und überschreitet denselben noch mit sich abflachenden Rändern. Es wird also auch hier wie beim Vogelauge die ursprüngliche Grenzschicht des vordern Blattes der secundären Augenblase durch die Sehnervenfasern überwachsen und von der Grenzschicht des Glaskörpers getrennt. Die durch Verbreiterung der Müller'schen Fasern gebildete sogenannte limitans interna hat mit der ursprünglichen Grenzschicht der Retinaanlage Nichts gemein und ist eine spätere Bildung. Nur innerhalb der pars ciliaris retinae, wo Nervenfasern niemals auftreten, bleibt der ursprüngliche Zustand der secundären Augenblase in der in Rede stehenden Beziehung erhalten.

6. Die neueste Besprechung des Coloboms findet sich in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, S. 1033. Entwicklung der Netzhaut von Max Schultze. Es heisst hier: „Indem während der Entwicklung der Netzhaut die Lage der embryonalen Augenspalte durch einen pigmentlosen Streifen bezeichnet wird, welcher über die ganze Ausdehnung der Netzhaut von hinten nach vorn reicht, ist die Anlage zu dem an dieser Stelle nicht selten als Hemmungsbildung (Coloboma) persistirenden Pigmentmangel gegeben, welcher ebenso gut das Pigment hinter der Iris, wie das vor der chorioides treffen kann. Das Colobom ist, wie schon Schöler richtig hervorgehoben hat, ursprünglich eine Bildungshemmung der retina und nicht der chorioides. In wie weit das Gewebe der letzteren Haut und der Iris, abgesehen von dem Pigmentepithel, an dem häufig vorkommenden Colobom Theil nimmt, ist aus den zahlreichen und genauen ophthalmoscopischen Untersuchungen zu entnehmen. Jedenfalls liegen hier noch unbekannte Beziehungen der Entwickelung des Pigmentepithels aus dem äussern

Blatt der primären Augenblase zu der Entwicklung des Chorioidalgewebes vor.“ Die oben von mir über die Schliessung der Augenblasenspalte mitgetheilten Thatsachen gestatten wohl nachfolgende Auffassung der Erscheinungen. Wenn die Schliessung zu Stande kommen soll, so muss vor Allem das in der Augenblasenspalte befindliche Gewebe der Kopfplatten schwinden. Geschieht dies nicht, sondern wuchert es weiter, so werden die Spalträuder der Augenblase mehr und mehr auseinander rücken und es werden in dem Gewebe jene abnormen Gefässbildungen eintreten können, welche so zahlreich in den genauen ophthalmoscopischen Untersuchungen erwähnt werden. Tritt das Gewebe der Kopfplatten auch bei der Bildung der Iris noch nicht aus der Spalte heraus, so werden die ringförmigen Muskeln hier nicht zum Zusammenschluss gelangen können, sondern statt dessen an die in der Spalte enthaltene Bindsubstanz anstossen müssen, wodurch die Prädisposition zu einer gänzlichen Aufhebung des Zusammenhanges, also zur Entstehung der Spalte auch im stratum vasculosum der Iris gegeben sein mag.

Wenn das Gewebe der Kopfplatten nur aus dem Bereich der Netzhaut heraustritt, so kann diese ununterbrochen über die nicht zum Schluss kommende Spalte des Pigmentblattes herübergespannt sein und die hier liegenden Gefässe der chorioides können in die mehrfach beschriebenen Anastomosen mit denen der Netzhaut treten.

Es handelt sich bei der Bildung des Coloboms überhaupt nur mittelbar um Vorgänge in der secundären Augenblase, die erste Entstehung leitet sich durch den nicht eintretenden Rückbildungsprozess des Gewebes der Kopfplatten im Bereich der Spalte ein und die weiter greifenden Veränderungen sind der Hauptsache nach auf die Unregelmässigkeiten im Wachsthum des Gewebes der Kopfplatten zurückzuführen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Auge eines noch nicht ganz zwei Tage alten Hühnerembryo. Die noch nicht vollständig abgeschnürte aussen noch eine Oeffnung besitzende Linse berührt mit ihrer hintern Fläche scheinbar die vordere Fläche der secundären Augenblase, so dass ein Glaskörperraum noch nicht existirt; ebenso fehlt noch jede Andeutung einer Netzhautspalte. Der schmale Zwischenraum *b* zwischen dem vordern und hintern Blatt der Augenblase läuft bei *a*, wie schon bei oberflächlicher Einstellung des focus sichtbar ist, in die grosse Hirnspalte *c* aus.

Fig. 1a. Schematischer Durchschnitt durch die ganze Länge der Anlage des Auges in demselben Zustande der Entwicklung. Die noch nicht vollständig abgeschnürte Linse *a* wird von oben her schon ganz von dem vordern und hintern Blatt der Augenblase umfasst. Von unten her erhebt sich nur erst das vordere Blatt ein wenig bei *b* und biegt dann unter einem sehr stumpfen Winkel nach unten um, um in den Basilartheil der ersten Hirnblase überzugehen. Das hintere Blatt *g*, die Anlage des Pigmentblattes, wendet sich bei *k* um und geht in die Hirnwandung über.

Fig. 2. Auge von corvus cornix. Die Linse ist nun auch von unten her von zwei Blättern der Augenblase umwachsen. Aber dieser Rand lässt von vorn herein eine Lücke bei *a*; die Erhebung schreitet nur zu den Seiten von *a* fort. Dadurch entsteht die Netzhaut- oder Augenblasenspalte. In den sich erhebenden Theilen erscheint schon bei oberflächlicher Einstellung die spaltförmige Höhle der primitiven Augenblase *b*. Es bedarf nun einer erheblich tiefern Einstellung, wenn auch die Communication der Augenblasenwurzel mit der Höhle der Hirnblase erscheinen soll *c*. Man nimmt dann auch wahr, wie von der Höhle der primitiven Augenblase *b* sich ein schmaler Strich nach *c* fortsetzt, indem zu den Seiten der Augenblasenspalte der Hohlraum zwischen den Blättern in die Höhle der Augenblasenwurzel oder des Sehnerven übergeht.

Fig. 2a. Längsdurchschnitte durch das Auge und den Sehnerven in demselben Stadium. Unterhalb der Linse sind bei *b* nun auch ein vorderes und ein hinteres Blatt der Augenblase entstanden mit einer spaltförmigen Höhle *c*. Die Einmündungsstelle der Höhle des opticus

in die Hirnblase bei *k* und *m* erscheint relativ enger; der opticus selbst länger.

Fig. 3. Auge von einem Sperlingsembryo in der Seitenlage (in Canadabalsam aufbewahrtes Präparat). Die Uebergangsstelle *a* des vordern Blattes *b* der Augenblase in das hintere *c* zu den Seiten der Chorioidalspalte. Durch diese läuft eine Fortsetzung des Gewebes der Kopfplatte *f* in den Glaskörperraum. Stellt man den focus so oberflächlich ein, dass dieser Zapfen verschwindet, so erscheint die Einmündung der Höhle des Sehnerven in die Höhle der primitiven Augenblase, stellt man hingegen tiefer ein, so erscheint die oval begrenzte Einmündung in die Höhle des Gehirns, *d* ist die Höhle der primitiven Augenblase.

Fig. 4. Der Kamm von einem Auge eines noch nicht ganz ausgebrüteten Hühnerembryo.

Fig. 5. Das Auge von Fig. 3 schematisch dargestellt, zur Darlegung der Höhlen. *a.* Augenblasenhöhle, b. Einmündungsstelle des opticus, c. hinteres Ende des opticus, durch welches seine Höhle mit der Hirnhöhle in Zusammenhang tritt, d^1 und d^2 sind die Uebergangsstellen des vorderen Blattes in das hintere zu den Seiten der Augenblasenspalte *e*; *f.* Uebergangsstelle der Opticushöhle in die der primitiven Augenblase zu den Seiten der Chorioidalspalte.

Fig. 6. Noch weiter entwickeltes Auge von einem Gänseembryo 45mal vergrössert, *a.* Höhle der primitiven Augenblase, *b.* Uebergangsstelle der Opticushöhle in dieselbe, c. Uebergangsstelle der Höhle des opticus in die Hirnhöhle.

Fig. 6a ist der schematische Längsdurchschnitt zu Fig. 6.

Fig. 7. Der vordere Theil des Kopfes eines in der Kopfbeuge befindlichen Gänseembryo senkrecht abgeschnitten. Primitive Augenblase ist in der Einstülpung begriffen; ebenso die Linse. Vergrösserung 31.

Fig. 8. Beginnende Einstülpung der Linse *a.*

Tafel II.

Fig. 9. Querschnitt durch die secundäre Augenblase und den opticus, welcher im Zusammenhang mit der Hirnblase dargestellt ist. Hühnerembryo, 3. Tag.

Fig. 10. Ebensolcher Durchschnitt oberhalb des opticus.

Fig. 11. Durchschnitt durch das Auge eines etwa sieben Tage alten Entenembryo; *a.* Remak's Hornblatt, *b.* Anlage der Hornhaut und des vordern Theils der Linsenkapsel, *c.* Anlage des Glaskörpers und des hintern Theils der Linsenkapsel.

Fig. 12. Auge von einem etwa vier Tage alten Hühnerembryo, *a* vorderes Blatt der primitiven Augenblase, *b* hinteres, *c* Linsenblase auf dem Boden verdickt, *e* Remak's Hornblatt, *f* Hornhaut in ihrer Anlage mit dem vordern Theil der Linsenkapsel noch verschmolzen, *k* vorderer sich verdünnender Theil der Anlage des Glaskörpers und der hintern Hälfte der Linsenkapsel.

Fig. 13. Der Glaskörper ist nebst seiner Grenzschicht von der vordern Fläche der secundären Augenblase, der Anlage der retina abgehoben. Es verschwindet dadurch der scharfe Contour zwischen beiden, wie er bei *a* und *b* sichtbar ist; es wird an dem abgehobenen Glaskörper sichtbar, dass er diesem angehört; an der hier in der Lagerung der Elemente ganz unversehrt erhaltenen Netzhautanlage rscheint nur eine schwache Grenzlinie.

Tafel III.

Fig. 14. Auge von einem fünf Tage alten Hühnerembryo. Das Gewebe der Kopfplatten setzt sich zwischen dem vordern Rand der secundären Augenblase und dem seitlichen Theil der Linse nach hinten in den Glaskörper fort, dessen äussere Grenzschicht bei *a* von der secundären Augenblase abgehoben ist, während sie bei *b* noch auf ihr festsitzt und den Grund zur scharfen Abgrenzung der eigentlichen Glaskörpersubstanz gegen die Netzhaut bietet. Eine zarte Grenzschicht der Retina-Anlage ist bei *a* sichtbar, in der Regel wird sie aber durch Verrückung der Zellen, welche sie bilden, an Durchschnitten zerstört; wenn man also hier zwei Grenzschichten annehmen wollte, eine stärkere, welche dem Glaskörper angehört, und eine schwächere für die Netzhautanlage, so würde sich dagegen Nichts einwenden lassen. Bei *b* schliesst sich die gallertige Glaskörpersubstanz an die Grenzschicht an In dem hinter die Linse verlaufenden Theil ist die Anlage zu ihrer Kapsel enthalten, insoweit sie in der fossa patellaris liegt. Vergrösserung 70mal.

Fig. 15. Das Gewebe des Glaskörpers in der vorigen Figur oberhalb *a* stärker vergrössert (etwa 350mal); die ovalen Kerne sind von einer äusserst geringen Menge protoplasma umgeben.

Fig. 16. *a* Höhle des opticus, zwischen dessen zelligen Elementen bereits Fasern auftreten. Bei *b* treten feine Fasern auf die Netzhaut über, deren obere Lage sie bei *c* bilden, *d* die sich kreuzenden Sehnervenfasern am chiasma. Die zelligen Elemente treten hier im Bereich des Gehirns ganz zurück. 70mal vergrössert.

Fig. 17. Das vordere Blatt der Augenblase *a* und das hintere *b* in ihrem Zusammenhang mit einander und mit dem opticus im Bereich der Augenblasenspalte. Die Pigmentzellen des hintern Blattes *b* grenzen sich erst viel später gegen einander scharf ab, und schreitet in dieser Richtung die Entwickelung des hintern Blattes weiter, während die damit zusammentreffenden Zellen vom Sehnerven schon zwischen äusserst feinen Fasern liegen und in die Bildung der innern Sehnervenscheide aufgehen. Die Präparate rühren von einem etwa 12tägigen Gänseembryo her. Vergrösserung 150 Mal.

Fig. 17a. Querschnitt durch den opticus und seine nächste Umgebung von einem etwas ältern Embryo; bei 150maliger Vergrösserung. Die noch radiär um den engen Canal angeordneten zelligen Elemente sind namentlich in der nächsten Umgebung desselben und in der Peripherie des Nerven auffallend; in der Mitte dazwischen treten zahlreich Gruppen von Fasern auf, wie eine stärkere Vergrösserung nachweist. Der intervaginale Raum ist bereits vorhanden.

Tafel IV.

Fig. 18. Radiäre Verbreitung der Sehnervenfasern um das obere Ende des Kammes von einer eben ausgebrüteten Taube.

Fig. 19. Durchtritt des Kammes *d* durch die Augenblasenspalte. Das vordere Blatt der Augenblase *a* geht in das hintere bei *d* über. *c* Gemeinsame Anlage der sclerotica und der chorioidea, welche gegen die Augenhöhle hin gefässhaltig ist. In dem Wall unterhalb der Spalte ist zugleich die Anlage des in der Wand des Augapfels verlaufenden Theiles des Sehnerven enthalten, der sich im vorliegenden Präparat nicht gegen die noch nicht differenzirten Augenhäute absetzt. Vergrösserung 100fach.

Fig. 20. *a* Der Kamm einer jungen Taube, *b* die über ihn und die Netzhaut hinziehende hyaloidea, *c* die schon geschichtete Netzhaut, *d* Pigmentschicht, *f* stratum vasculosum der chorioidea, *h* innerhalb des bulbus verlaufender Theil des opticus, *g* sclerotica. Vergrösserung 25 Mal.

Fig. 21. Bei diesem Durchschnitt ist die Chorioidalspalte so getroffen, dass sie in ihrem dem opticus zugewandten Ende vorliegt, *a* Sehnerv mit seiner Höhle, *b* vorderes Blatt der Augenblase, *c* hinteres Blatt, *d* der die Chorioidalspalte begrenzende Theil des vordern Blattes auf dem Querschnitt, *h* Gewebsplatte der Kopfplatten innerhalb der Chorioidalspalte, *k* Höhle der primitiven Augenblase. Gänseembryo von etwa sechs Tagen. Vergrösserung 30fach.

Tafel V.

Fig. 22. *a* Iris, an welcher zwei Lagen pigmentirter Zellen erkennbar sind, *b* corpus ciliare mit den Zellen der pars ciliaris retinae, *c* Uebergangsstelle der schon geschichteten retina in die pars ciliaris. Beinahe ausgebrüteter Embryo vom Neuntödter.

Fig. 23. Iris-Anlage von einem gleichen Embryo, stark vergrössert.

Fig. 24. Das Präparat rührt von dem in Alkohol aufbewahrten Auge eines jungen Staars her. Die von dem corpus ciliare abgehobene Platte *a* mit ihren nahezu rechtwinklich aufsitzenden Fortsätzen *b* stellt denjenigen Theil der Glaskörperschicht dar, welcher die beim lebenden Thier vorhandene Glaskörperflüssigkeit von vorn her umschliesst. Die abgehobene Platte haftet im frischen Zustande dem Ciliarkörper fest an und enthält eine feste Grenzschicht, an welcher die Fasern der zonula fest anliegen. Wo die Zellen der pars ciliaris retinae keine Verschiebung erlitten haben, ist eine deutliche Grenzschicht erkennbar.

Fig. 25. Zellen der pars ciliaris retinae von eben demselben. Die darunter liegende Pigmentschicht der chorioidea zeigt noch keine Zellengrenzen, sondern nur Kerne in der von Pigmentkörnern erfüllten Zellsubstanz. Vergrösserung 500fach.

Fig. 26. Embryo vom Maulwurf mit der primitiven Augenblase in Glycerin aufbewahrt. Vergrösserung 14fach.

Fig. 27. Querschnitt von dem Gehirn und von der primitiven Augenblase von einem Kalbsembryo, zwischen letzterer und dem obern Blatt ist eine dünne Lage des Gewebes der Kopfplatten sichtbar.

Tafel VI.

Fig. 28. Durchschnitt durch das Auge eines Embryo von Talpa von 5 Millimeter Länge. Die Linse, deren Gewebe radiär gestreift erscheint, ist noch mit einer Höhle versehen. Das sehr verdünnte hintere Blatt der Augenblase enthält bereits Pigmentkörner. Vor der Linse liegt eine starke Lage des Gewebes der Kopfplatten. Vergrösserung 180fach.

Fig. 29. Embryo vom Schaaf. Der Oberkieferfortsatz ist soweit abgeschnitten, dass die Augenblasenspalte frei liegt.

Fig. 30. Auge von einem Maulwurfembryo, der noch die Visceralspalten besitzt. *a* Vorderes Blatt der Augenblase, *b* pigmentirtes hinteres, *c* opticus mit seiner Höhle. Die Linse ist noch mit einer kleinen Höhle versehen und die Augenblasenspalte in ihrer ganzen Länge offen. 60fache Vergrösserung.

Fig. 31. Bei derselben Vergrösserung ein Querschnitt durch das Auge eines Schaafembryo, wo das Gefäss in der Chorioidalspalte getroffen ist, *a* Linse, *b* der abgehobene Glaskörper nebst limitans hyaloidea, *c* äusseres, *d* inneres Blatt der Augenblase.

Fig. 32. Durchschnitt durch das Auge eines Schaafembryo, in dessen Linse die Fasern schon das vordere Epithel erreicht haben, und die Kernzone als dunkler Streifen erkennbar ist. In der Umgebung des ringförmig verlaufenden Gefässes bei *a* trifft am Pupillarrand der secundären Augenblase der vordere Theil des Gefässstratums der noch nicht differenzirten chorioidea mit dem vordern Ende der Glaskörperanlage an der Pupillarmembran zusammen. Die cornea lässt sich in diesem Stadium der Entwicklung schon von der Pupillarmembran lösen, aber diese noch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung von der Linsenkapsel.

Tafel VII.

Fig. 33. Durchschnitt durch das Auge von einem etwas jüngern Schaafembryo. Die Linsenfasern haben die vordere Wand noch nicht erreicht. Cornea, Pupillarmembran und Linsenkapsel bilden eine gemeinsame Anlage um die noch tief in die secundäre Augenblase eingesenkte Linse und stehen sowohl mit dem Gewebe der Kopfplatten als auch mit der noch blattförmigen Anlage für Glaskörper und hintern Theil der Linsenkapsel in continuirlichem Zusammenhang. Vergrösserung 50fach.

Fig. 34. Aufeinanderfolgende Durchschnitte durch den noch hohlen Sehnerven eines Schaafembryo, *a* nach dem Gehirn zu gelegener kreisförmig begrenzter Querschnitt; *b c d* immer tiefer werdende Rinne an der untern Seite des Sehnerven, in welcher das Gefäss verläuft

Fig. 35. Die Höhle des in die secundäre Augenblase eintretenden Sehnerven ist geschwunden.

Fig. 36. Gewebe des Sehnerven, an dem die Höhle eben gegeschwunden ist, bestehend aus spindelförmigen Zellen, in deren Umgebung eine mit äusserst feinen vereinzelten Körnchen versehene Grundsubstanz sichtbar ist, in der eine leichte Streifung auftritt. Vergrösserung 330fach.

Fig. 37. Weiter entwickelter Sehnerv, die septa, welche die Fasern in Abtheilungen bringen, sind bereits angelegt; die zelligen Elemente in ihnen sind anders angeordnet wie in dem Nervengewebe, zwischen dessen feinen Fasern noch eine schwach lichtbrechende Substanz sich befindet. Vergrösserung 360fach.

Tafel VIII.

Fig. 38. Die von der innern Scheide des opticus ausstrahlenden septa haben den Charakter des fibrillären Bindegewebes angenommen, während in den Fächern die Nervenfasern dicht gedrängt bei einander stehen und zwischen ihnen noch Kerne mit Spuren von protoplasma deutlich sind.

Fig. 39. Augenblasenspalte von alytes obstetricans. Vergrösserung 11 Mal.

Fig. 40. Durchschnitt durch solches Auge. Das dünne Pigmentblatt haftet fest an dem vordern Blatt der Augenblase. Hinter der Linse liegen Zellen, wie sie die Kopfplatten zu dieser Zeit besitzen. Vergrösserung 100fach.

Fig. 41. Durchschnitt durch das Auge nebst opticus. Die Schichtung der retina ist bereits eingetreten.

Fig. 42. Der Sehnerv bei *a* quer getroffen. Vergrösserung 70.

Fig. 43. Die Netzhautspalte zeigt den Durchtritt des Gefässes der sogenannten membrana hyaloidea durch die Augenblasenspalte. Vergrösserung 100fach.

Tafel IX.

Fig. 44. Die Pupillarmembran von einem Kaninchenembryo mit der Ausbreitung der arteria hyaloidea und den vier auffallenden Venen, die auf der Iris weiter verlaufen. 8 Mal vergrössert.

Fig. 45. Das Präparat zu dieser Figur rührt von einem Hühnerembyro aus dem zweiten Tage her. Das Gewebe der Kopfplatten setzt sich in Form einer äusserst dünnen noch zellenlosen Membran auf die hintere Fläche der sich einstülpenden Linsenanlage fort. Vergrösserung 190fach.

Fig. 46 ist in ihrem brauchbaren Theile in der Abhandlung selbst besprochen.

Tafel X.

Fig. 47. Processus ciliaris und Iris vom Schweinembryo. Die Schicht der pars ciliares retinae erstreckt sich als farblose Zellschicht bis nahe an die Iris, an der sie aber nicht mehr zu erkennen ist. Das hintere Epithel der cornea ist deutlich bis zur vordern Fläche der Iris, wo die Zellen nicht mehr eine sich scharf absetzende Lage bilden.

Fig. 48. Gefässhaltiger Theil des Glaskörpers mit den vier Zweigen der arteria hyaloidea. Vergrösserung 6fach. An dem untern Theil des Glaskörpers sieht man das Gefässnetz der retina. Schweinauge.

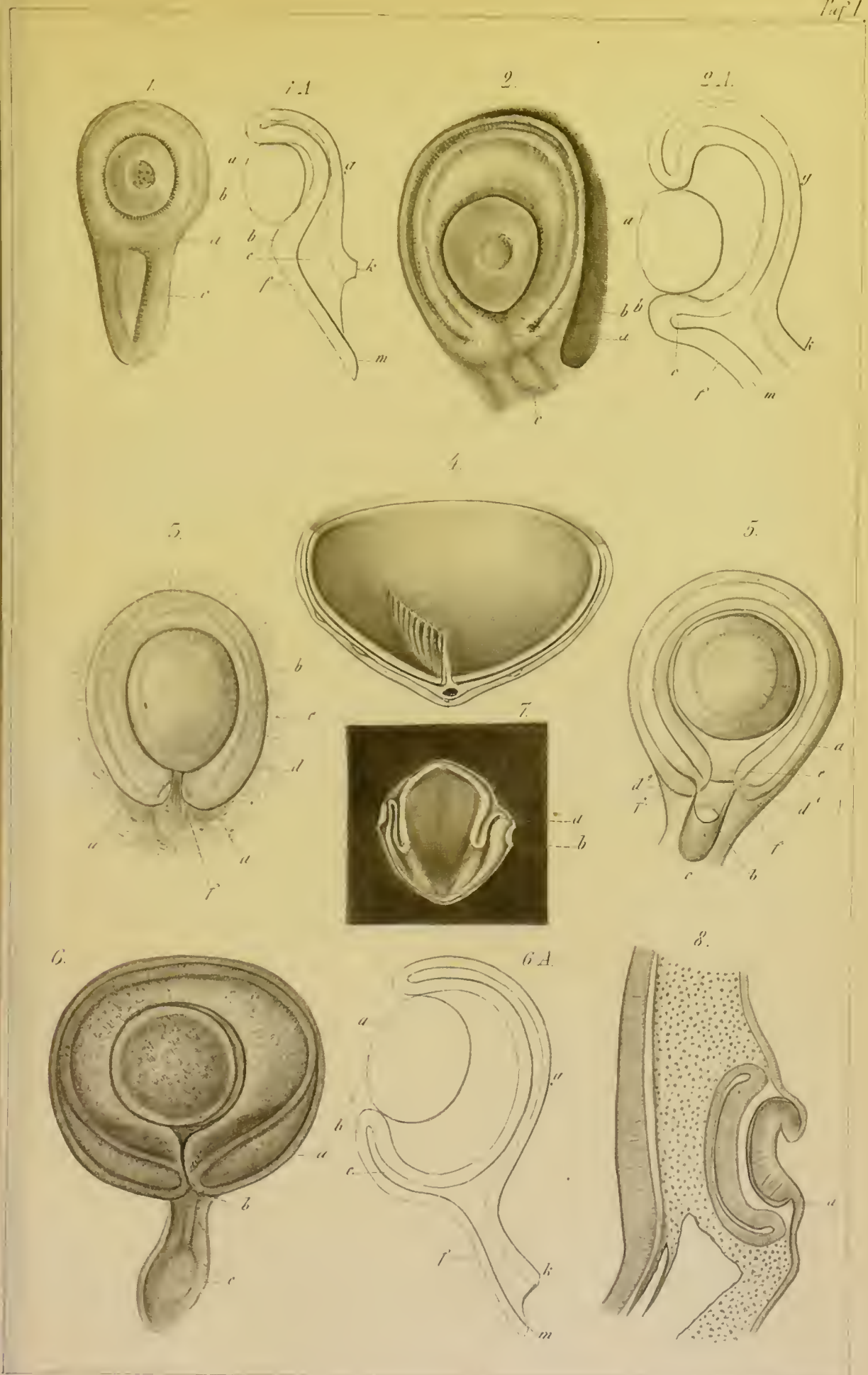
Fig. 49. Pupillarmembran von einem jungen schwarzen Kaninchenembryo. Die schwarze Schicht ist die Pigmentschicht der Iris; darüber hinaus setzt sich die mit sternförmigen Pigmentzellen durchsetzte Pupillarmembran fort, in deren streifiger Grundsubstanz ausserdem rundliche und spindelförmige Zellen sichtbar sind.

Tafel XI.

Fig. 50. Einstülpung der Linse unter Betheiligung des Gewebes der Kopfplatten. Die secundäre Augenblase ist herausgefallen. Hühnerembryo vom zweiten Tag. Vergrösserung 190fach.

Fig. 51. Die Fasern der Linse erreichen die vordere Wand der Höhle noch nicht. Das Gewebe der Kopfplatten setzt sich bei *b* in einen leicht streifigen Fortsatz fort, dessen einer Theil sich vorn zwischen die vordere Fläche der Linse und hintere Fläche des obern Blattes begiebt, während der andere hinter die Linse geht und zum Glaskörper nebst hintern Theil der Linsenkapsel wird. Das Präparat ist von einem vier Tage alten Hühnerembryo genommen. Glaskörper ist eingeschrumpft. Vergrösserung 80fach.

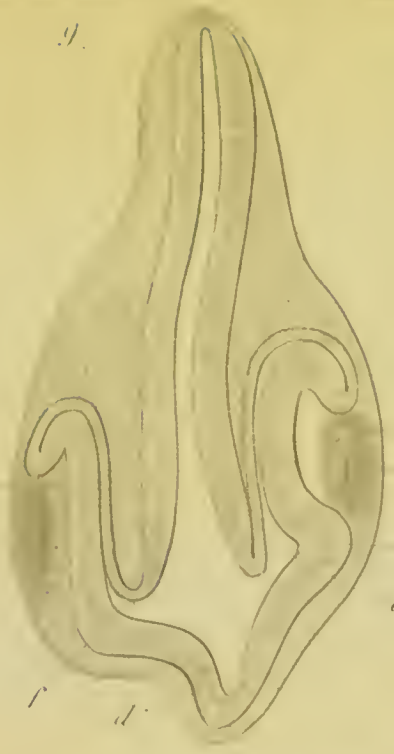
Fig. 52. Auge von einem 5 Mm. langen Schweinembryo. Das obere Blatt *h* hat sich vom Gewebe der Kopfplatten auf eine Strecke losgelöst. Letzteres bildet eine stärkere Lage vor der Linse, als zu der entsprechenden Zeit beim Vogel und setzt sich mit dünner zellenreicher Lage in den Glaskörper fort, welcher bereits gefässhaltig ist; eine vordere sich noch nicht als gesonderte Membran absetzende Grenzschicht wird zur Linsenkapsel, welche auch hier zum eigentlichen Linsengewebe in keiner genetischen Beziehung steht; die hintere Grenzschicht wird zur limitans hyaloidea. Die vordere Fläche der secundären Augenblase hat durch Ablösung des Glaskörpers ihren scharfen Contour verloren. Das vordere Blatt der secundären Augenblase ist unverhältnissmässig stärker als das hintere *b*. Die Dicke der Wandung des noch mit weiter Höhle versehenen Sehnerven ist bei *g* angedeutet. Vergrösserung 80fach.



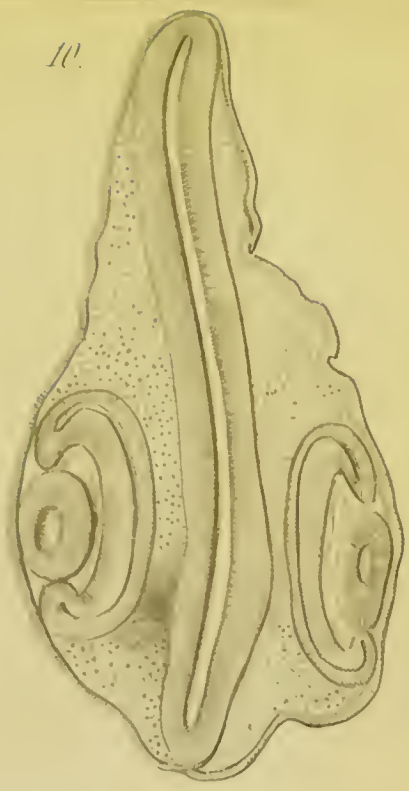
Wagener del.

W. Grohmann sc.

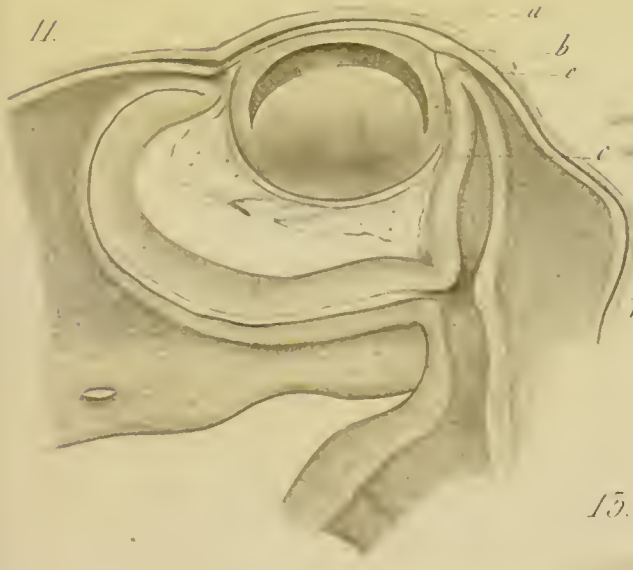
9.



10.

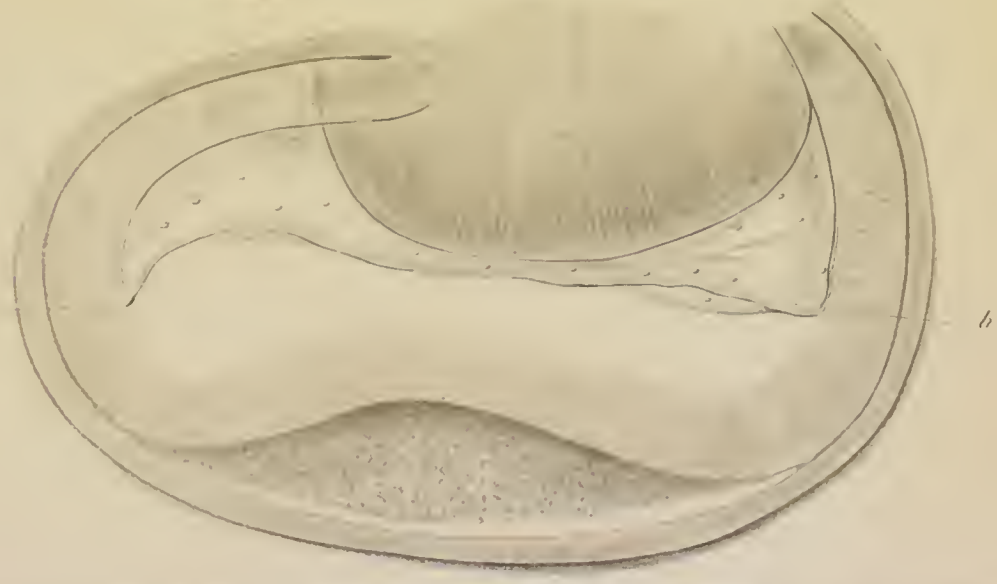


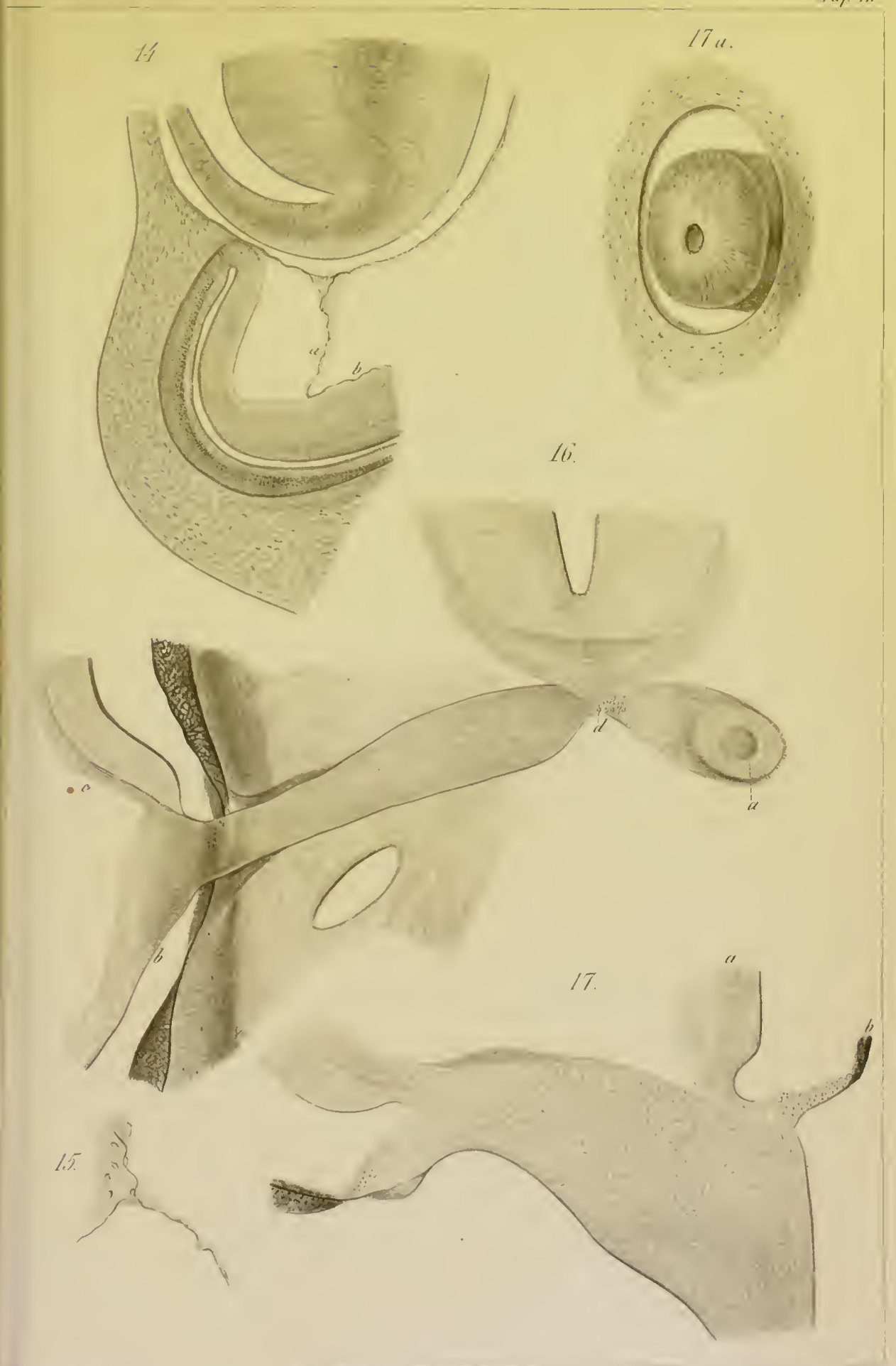
11.



12.

13.

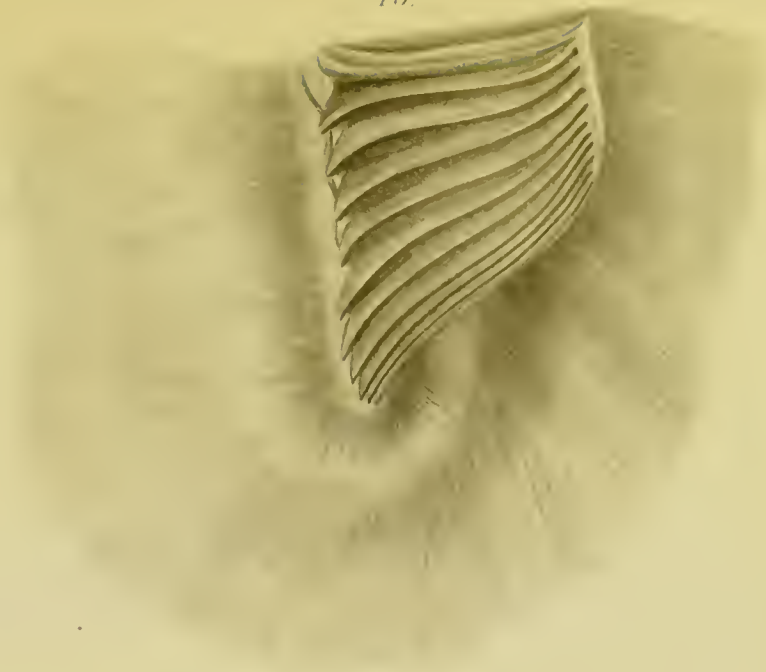




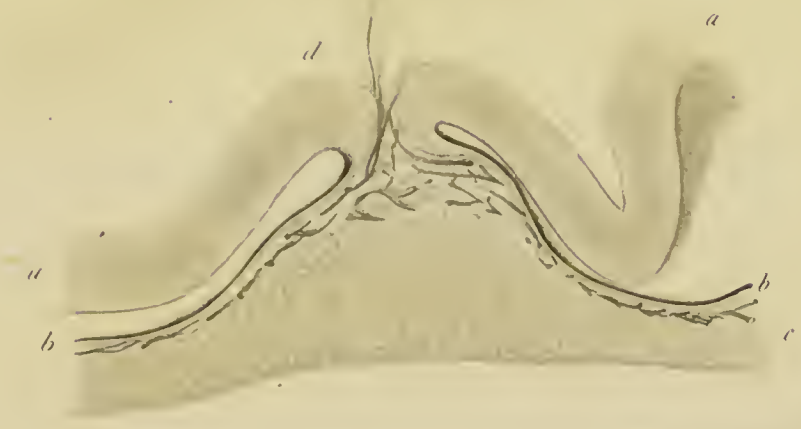
Wagener del.

W. Grohmann sc.

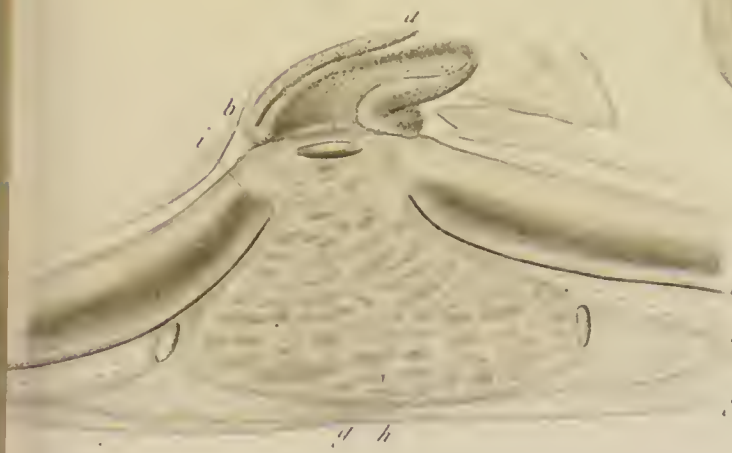
18.



19.



20.



21.

...ainer del

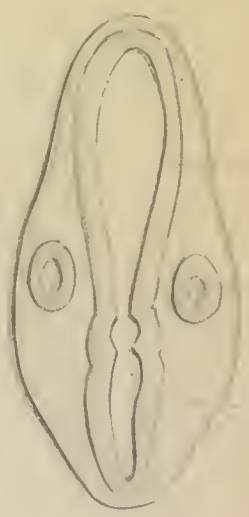
W. Grohmann sc

22.

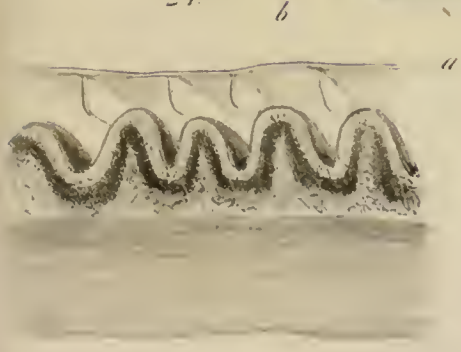
23.

26.

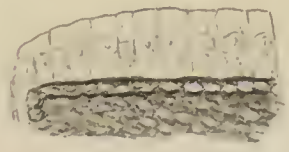
27.



24.



25.



29.

28.

30.

31.

32.

35.

34.

35.

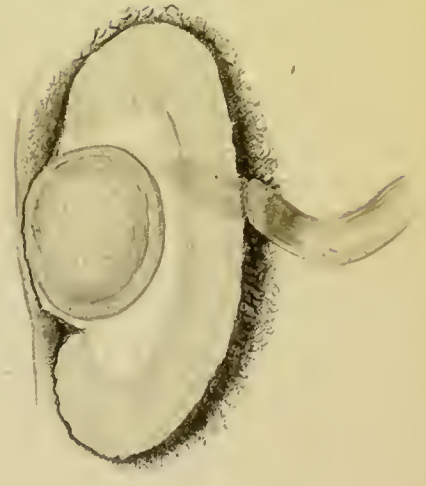
37.

36.

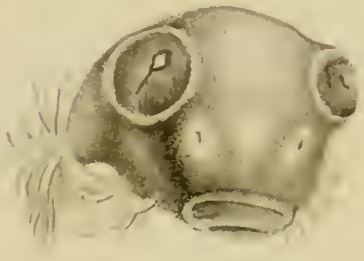
38.

40.

41.



39.



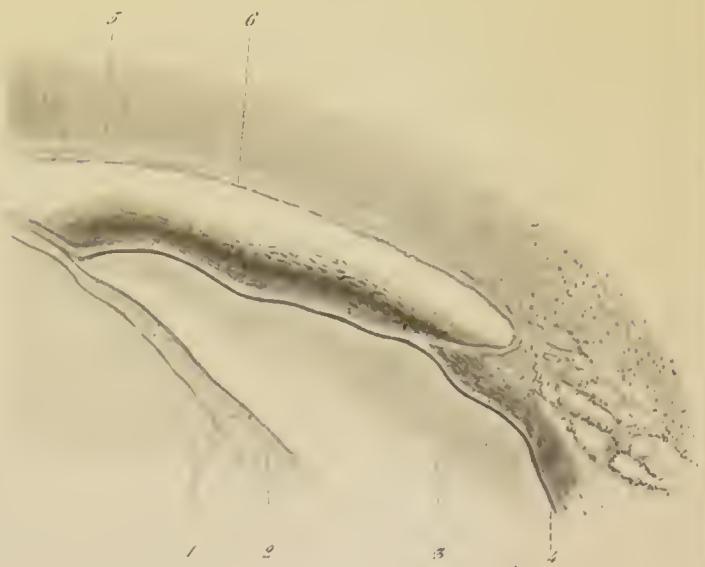
42.

43.

44.

45.

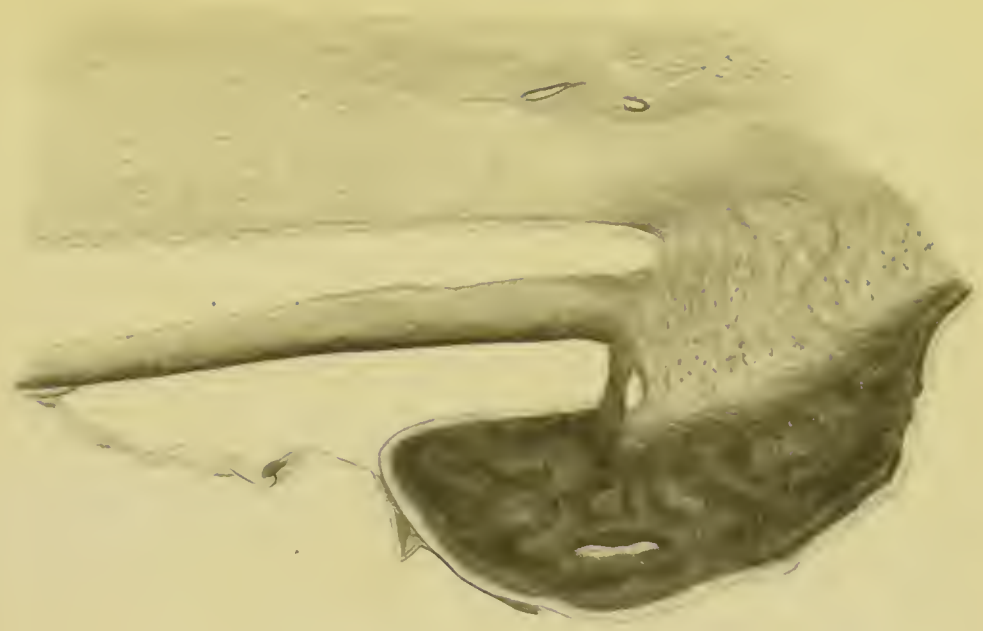
46.



Wagener del.

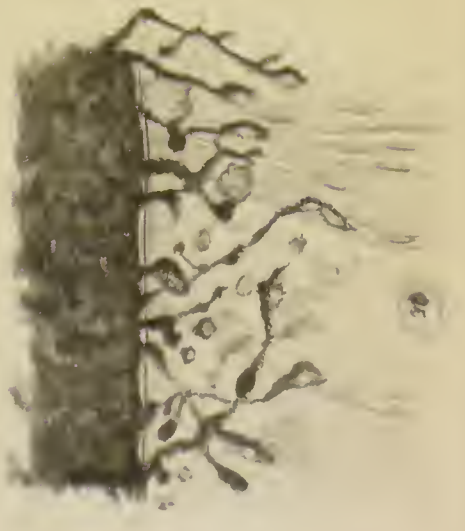
W. Grohmann sc.

47.



48.

49.



Wagener del.

W. Grohmann sc.

50.

51.

52.